

Universidad **Carlos III** de Madrid

Escuela Politécnica Superior

Grado en Ingeniería Informática

2017 / 2018



TRABAJO DE FIN DE GRADO

**DESARROLLO POR USUARIO FINAL DE
JUEGOS INTERACTIVOS TANGIBLES PARA
PERSONAS CON DISCAPACIDADES
INTELECTUALES O DEMENCIAS**

Sergio Hervás Encinas

Tutor: Andrea Bellucci

Leganés, junio de 2018

RESUMEN

En la actualidad, las personas con discapacidades intelectuales o demencias no encuentran a su disposición aplicaciones tecnológicas que se adapten a sus condiciones individuales y les permitan llevar a cabo un desarrollo cognitivo. Existen aplicaciones genéricas que no han sido diseñadas para ser empleadas por estas personas, lo cual hace que su interacción se desarrolle de forma dificultosa. Esto complica el trabajo tanto a las personas con diversidad funcional como a sus cuidadores.

Debido a esto, es de especial interés el desarrollo de un sistema dedicado que permita adaptarse a las condiciones individuales de cada una de las personas. Para ello, se desarrolla una aplicación móvil que permite a los cuidadores la creación de juegos personalizados con los que estas personas puedan interactuar. Estos juegos constan de actividades de diversos tipos que persiguen el desarrollo de diferentes aspectos del ámbito cognitivo como la memoria a corto plazo y largo plazo, la imaginación, la estimulación visual y auditiva o el desarrollo psicomotriz. Entre las actividades se encuentran tareas como la interacción con botones, la resolución de preguntas, el dibujo o el diálogo. Todas ellas permiten contribuir a una adaptabilidad intelectual.

Sin embargo, también se persigue la adaptabilidad a las condiciones físicas individuales del usuario, de modo que se facilite la interacción a usuarios con discapacidades físicas. Para ello, se elabora un dispositivo físico que consta de una serie de elementos como botones y luces. Gracias a éste, el usuario puede sustituir la interacción multitáctil de la aplicación móvil que puede resultarle compleja por la interacción con estos elementos.

De este modo, se logra la creación de un sistema interactivo tangible que permite facilitar el desarrollo de tareas tanto a las personas con diversidad funcional como a sus cuidadores.

Palabras Clave

Discapacidad, cognitivo, aplicación, tangible, juego.

ABSTRACT

Nowadays, people with intellectual disabilities or dementia do not find technological applications available that can adapt to their individual conditions and allow them to achieve cognitive development. There are generic applications that have not been designed to be used by these people. It makes their interaction develop in a difficult way. This fact complicates work to both people with functional diversity and care providers.

Because of this, the development of a dedicated system that can adapt to the individual conditions of each person is of special important. To solve that, a mobile application is developed. It allows care providers to create customized games with whom these persons can interact. These games consist of a list of diverse types of activities that have the proposal of developing different key aspects of the cognitive field. For example, short-term and long-term memory, imagination, visual and auditory stimulation or psychomotor development. Among the activities can be found tasks like interaction with buttons, question resolutions, drawings or dialogs. All of them contribute to the intellectual adaptability.

However, the adaptability to the physical conditions of the user is also pursued, so that the interaction of people with physical disabilities can be made easier. A physical device is produced that is made by a group of elements like buttons and lights. Thanks to this device, the user can replace the mobile application's multitouch interaction that can be found to be complicated by the interaction with these elements.

In this way, the creation of a tangible interactive system is achieved that makes task development easier of both people with functional disabilities and their care providers.

Key Words

Disability, cognitive, application, tangible, game.

DEDICATORIA

A todas aquellas personas que dedican su vida a ayudar a los que más lo necesitan.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Motivación del trabajo	2
1.2.	Objetivos	2
1.3.	Estructura del documento	3
2	MARCO REGULADOR.....	5
2.1.	Legislación aplicable.....	5
2.2.	Estándares técnicos	5
2.3.	Propiedad intelectual	6
2.4.	Responsabilidad profesional del lenguaje	6
3	ESTADO DEL ARTE.....	7
3.1.	Situación actual	7
3.1.1.	Actividades.....	7
3.1.2.	Aplicaciones	8
3.2.	Diseño de soluciones.....	11
3.2.1.	Soluciones para el dispositivo físico	12
3.2.2.	Soluciones para la aplicación móvil	13
3.2.3.	Soluciones para la tecnología a emplear	16
3.3.	Comparación de soluciones.....	17
4	ANÁLISIS.....	19
4.1.	Descripción de requisitos	19
4.2.	Especificación de requisitos	21
4.2.1.	Requisitos funcionales.....	21
4.2.2.	Requisitos no funcionales.....	42
4.3.	Modificación de requisitos	46
5	DISEÑO	53
5.1.	Diseño de la aplicación	53

5.1.1.	Prototipo	54
5.1.2.	Diseño final	72
5.1.3.	Logo	73
5.1.4.	Efectos sonoros	73
5.1.5.	Pictogramas	74
5.2.	Diseño del dispositivo físico	74
5.2.1.	Componentes.....	74
5.2.2.	Funcionalidades.....	75
5.2.3.	Conexiones	77
5.3.	Diseño del protocolo de comunicación	78
5.3.1.	Protocolo de respuesta de la aplicación.....	79
5.3.1.	Protocolo de respuesta del dispositivo físico	82
6	IMPLEMENTACIÓN	83
6.1.	Entorno tecnológico	83
6.1.1.	Entorno tecnológico de la aplicación	83
6.1.2.	Entorno tecnológico del dispositivo físico	84
6.2.	Implementación de la aplicación.....	85
6.3.	Implementación del dispositivo físico.....	85
6.3.1.	Implementación inicial.....	85
6.3.2.	Implementación final.....	86
7	PRUEBAS	91
7.1.	Descripción de pruebas	91
7.2.	Especificación de pruebas	92
7.3.	Trazabilidad entre requisitos y pruebas.....	100
7.4.	Prueba en centro de educación	102
8	PLANIFICACIÓN	103
8.1.	Reuniones.....	103
8.2.	Etapas del proyecto	104
9	ENTORNO SOCIO-ECONÓMICO	107
9.1.	Impacto socio-económico	107
9.2.	Presupuesto	108
9.2.1.	Coste de personal	108
9.2.2.	Coste de equipos.....	108
9.2.3.	Coste de software	109
9.2.4.	Coste de material	110
9.2.5.	Presupuesto final	110

10	CONCLUSIONES	111
10.1.	Resultados obtenidos.....	111
10.2.	Líneas futuras de trabajo	111
11	EXTENDED ABSTRACT	113
11.1.	Introduction	113
11.1.1.	Motivation	113
11.1.2.	Objectives.....	114
11.2.	State of the art	115
11.2.1.	Current situation.....	115
11.2.2.	Design of solutions.....	118
11.2.3.	Comparison of solutions.....	122
11.3.	Conclusion.....	123
11.3.1.	Results	123
11.3.2.	Future work	123
	BIBLIOGRAFÍA	125
	ANEXOS	128

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1: COMPARACIÓN ENTRE ENTORNOS DE DESARROLLO	16
TABLA 3.2: COMPARACIÓN ENTRE DISPOSITIVOS	16
TABLA 3.3: COMPARACIÓN ENTRE APLICACIONES	17
TABLA 4.1: PLANTILLA DE REQUISITOS	21
TABLA 4.2: REQUISITO RF-01	21
TABLA 4.3: REQUISITO RF-02	21
TABLA 4.4: REQUISITO RF-03	22
TABLA 4.5: REQUISITO RF-04	22
TABLA 4.6: REQUISITO RF-05	22
TABLA 4.7: REQUISITO RF-06	22
TABLA 4.8: REQUISITO RF-07	23
TABLA 4.9: REQUISITO RF-08	23
TABLA 4.10: REQUISITO RF-09	23
TABLA 4.11: REQUISITO RF-10	23
TABLA 4.12: REQUISITO RF-11	24
TABLA 4.13: REQUISITO RF-12	24
TABLA 4.14: REQUISITO RF-13	24
TABLA 4.15: REQUISITO RF-14	24
TABLA 4.16: REQUISITO RF-15	25
TABLA 4.17: REQUISITO RF-16	25
TABLA 4.18: REQUISITO RF-17	25
TABLA 4.19: REQUISITO RF-18	25
TABLA 4.20: REQUISITO RF-19	26
TABLA 4.21: REQUISITO RF-20	26
TABLA 4.22: REQUISITO RF-21	26
TABLA 4.23: REQUISITO RF-22	26
TABLA 4.24: REQUISITO RF-23	27
TABLA 4.25: REQUISITO RF-24	27
TABLA 4.26: REQUISITO RF-25	27
TABLA 4.27: REQUISITO RF-26	27

TABLA 4.28: REQUISITO RF-27	28
TABLA 4.29: REQUISITO RF-28	28
TABLA 4.30: REQUISITO RF-29	28
TABLA 4.31: REQUISITO RF-30	28
TABLA 4.32: REQUISITO RF-31	29
TABLA 4.33: REQUISITO RF-32	29
TABLA 4.34: REQUISITO RF-33	29
TABLA 4.35: REQUISITO RF-34	29
TABLA 4.36: REQUISITO RF-35	29
TABLA 4.37: REQUISITO RF-36	30
TABLA 4.38: REQUISITO RF-37	30
TABLA 4.39: REQUISITO RF-38	30
TABLA 4.40: REQUISITO RF-39	30
TABLA 4.41: REQUISITO RF-40	31
TABLA 4.42: REQUISITO RF-41	31
TABLA 4.43: REQUISITO RF-42	31
TABLA 4.44: REQUISITO RF-43	31
TABLA 4.45: REQUISITO RF-44	32
TABLA 4.46: REQUISITO RF-45	32
TABLA 4.47: REQUISITO RF-46	32
TABLA 4.48: REQUISITO RF-47	32
TABLA 4.49: REQUISITO RF-48	33
TABLA 4.50: REQUISITO RF-49	33
TABLA 4.51: REQUISITO RF-50	33
TABLA 4.52: REQUISITO RF-51	33
TABLA 4.53: REQUISITO RF-52	34
TABLA 4.54: REQUISITO RF-53	34
TABLA 4.55: REQUISITO RF-54	34
TABLA 4.56: REQUISITO RF-55	34
TABLA 4.57: REQUISITO RF-56	35
TABLA 4.58: REQUISITO RF-57	36
TABLA 4.59: REQUISITO RF-58	36
TABLA 4.60: REQUISITO RF-59	36
TABLA 4.61: REQUISITO RF-60	36
TABLA 4.62: REQUISITO RF-61	37
TABLA 4.63: REQUISITO RF-62	37
TABLA 4.64: REQUISITO RF-63	37
TABLA 4.65: REQUISITO RF-64	37
TABLA 4.66: REQUISITO RF-65	38

TABLA 4.67: REQUISITO RF-66	38
TABLA 4.68: REQUISITO RF-67	38
TABLA 4.69: REQUISITO RF-68	38
TABLA 4.70: REQUISITO RF-69	39
TABLA 4.71: REQUISITO RF-70	39
TABLA 4.72: REQUISITO RF-71	39
TABLA 4.73: REQUISITO RF-72	39
TABLA 4.74: REQUISITO RF-73	40
TABLA 4.75: REQUISITO RF-74	40
TABLA 4.76: REQUISITO RF-75	40
TABLA 4.77: REQUISITO RF-76	40
TABLA 4.78: REQUISITO RF-77	41
TABLA 4.79: REQUISITO RF-78	41
TABLA 4.80: REQUISITO RNF-01	42
TABLA 4.81: REQUISITO RNF-02	42
TABLA 4.82: REQUISITO RNF-03	42
TABLA 4.83: REQUISITO RNF-04	42
TABLA 4.84: REQUISITO RNF-05	42
TABLA 4.85: REQUISITO RNF-06	43
TABLA 4.86: REQUISITO RNF-07	43
TABLA 4.87: REQUISITO RNF-08	44
TABLA 4.88: REQUISITO RNF-09	44
TABLA 4.89: REQUISITO RNF-10	44
TABLA 4.90: REQUISITO RNF-11	44
TABLA 4.91: REQUISITO RNF-12	45
TABLA 4.92: REQUISITO RNF-13	45
TABLA 4.93: REQUISITO RNF-14	45
TABLA 4.94: PLANTILLA DE REQUISITOS MODIFICADO	46
TABLA 4.95: PLANTILLA DE REQUISITOS CANCELADOS	46
TABLA 4.96: REQUISITO RF-03 (MODIFICADO)	47
TABLA 4.97: REQUISITO RF-15 (MODIFICADO)	47
TABLA 4.98: REQUISITO RF-17 (CANCELADO)	47
TABLA 4.99: REQUISITO RF-18 (CANCELADO)	47
TABLA 4.100: REQUISITO RF-19 (MODIFICADO)	48
TABLA 4.101: REQUISITO RF-20 (MODIFICADO)	48
TABLA 4.102: REQUISITO RF-23 (MODIFICADO)	48
TABLA 4.103: REQUISITO RF-25 (MODIFICADO)	48
TABLA 4.104: REQUISITO RF-79	49
TABLA 4.105: REQUISITO RF-80	49

TABLA 4.106: REQUISITO RF-61 (MODIFICADO)	49
TABLA 4.107: REQUISITO RF-62 (MODIFICADO)	49
TABLA 4.108: REQUISITO RF-63 (CANCELADO)	50
TABLA 4.109: REQUISITO RF-64 (CANCELADO)	50
TABLA 4.110: REQUISITO RF-65 (CANCELADO)	50
TABLA 4.111: REQUISITO RF-66 (CANCELADO)	50
TABLA 4.112: REQUISITO RF-67 (CANCELADO)	51
TABLA 4.113: REQUISITO RF-68 (CANCELADO)	51
TABLA 4.114: REQUISITO RF-69 (MODIFICADO)	51
TABLA 4.115: REQUISITO RF-70 (MODIFICADO)	51
TABLA 4.116: REQUISITO RF-71 (MODIFICADO)	52
TABLA 4.117: REQUISITO RF-72 (MODIFICADO)	52
TABLA 4.118: REQUISITO RF-73 (MODIFICADO)	52
TABLA 7.1: PLANTILLA DE PRUEBAS	91
TABLA 7.2: PRUEBA P-01	92
TABLA 7.3: PRUEBA P-02	92
TABLA 7.4: PRUEBA P-03	92
TABLA 7.5: PRUEBA P-04	93
TABLA 7.6: PRUEBA P-05	93
TABLA 7.7: PRUEBA P-06	93
TABLA 7.8: PRUEBA P-07	93
TABLA 7.9: PRUEBA P-08	94
TABLA 7.10: PRUEBA P-09	94
TABLA 7.11: PRUEBA P-10	94
TABLA 7.12: PRUEBA P-11	94
TABLA 7.13: PRUEBA P-12	95
TABLA 7.14: PRUEBA P-13	95
TABLA 7.15: PRUEBA P-14	95
TABLA 7.16: PRUEBA P-15	95
TABLA 7.17: PRUEBA P-16	96
TABLA 7.18: PRUEBA P-17	96
TABLA 7.19: PRUEBA P-18	96
TABLA 7.20: PRUEBA P-19	96
TABLA 7.21: PRUEBA P-20	97
TABLA 7.22: PRUEBA P-21	97
TABLA 7.23: PRUEBA P-22	97
TABLA 7.24: PRUEBA P-23	97
TABLA 7.25: PRUEBA P-24	98
TABLA 7.26: PRUEBA P-25	98

TABLA 7.27: PRUEBA P-26	98
TABLA 7.28: PRUEBA P-27	98
TABLA 7.29: PRUEBA P-28	99
TABLA 7.30: PRUEBA P-29	99
TABLA 7.31: PRUEBA P-30	99
TABLA 7.32: TRAZABILIDAD ENTRE REQUISITOS Y PRUEBAS (1)	100
TABLA 7.33: TRAZABILIDAD ENTRE REQUISITOS Y PRUEBAS (2)	101
TABLA 8.1: REUNIONES	103
TABLA 9.1: PRESUPUESTO DE PERSONAL	108
TABLA 9.2: PRESUPUESTO DE EQUIPOS	108
TABLA 9.3: PRESUPUESTO DE SOFTWARE	109
TABLA 9.4: PRESUPUESTO DE MATERIAL	110
TABLA 9.5: PRESUPUESTO FINAL	110
TABLE 11.1: COMPARISON OF APPLICATIONS	122

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3.1: Ejemplo juego de emparejamiento	8
Ilustración 3.2: Juego Brain Training en Nintendo DS (Boxley, 2006)	8
Ilustración 5.1: Paleta de colores (Material Palette, 2018).....	53
Ilustración 5.2: Pantalla principal.....	54
Ilustración 5.3: Pantalla nuevo juego	55
Ilustración 5.4: Pantalla categoría de actividad	55
Ilustración 5.5: Pantalla nueva interacción.....	55
Ilustración 5.6: Pantalla nueva acción	55
Ilustración 5.7: Pantalla nuevo joystick.....	56
Ilustración 5.8: Pantalla nuevo botón	56
Ilustración 5.9: Pantalla nuevo rotor	56
Ilustración 5.10: Pantalla nueva interacción con acciones	56
Ilustración 5.11: Pantalla nueva pregunta	57
Ilustración 5.12: Pantalla nuevo sonido.....	57
Ilustración 5.13: Pantalla nueva imagen.....	57
Ilustración 5.14: Pantalla nueva memorización.....	57
Ilustración 5.15: Pantalla nuevo recuerdo	58
Ilustración 5.16: Pantalla nuevo dibujo	58
Ilustración 5.17: Pantalla nuevo juego con actividades (1)	58
Ilustración 5.18: Pantalla nuevo juego con actividades (2)	58
Ilustración 5.19: Pantalla descarte actividad	59
Ilustración 5.20: Pantalla descarte juego	59
Ilustración 5.21: Pantalla principal con juegos.....	60
Ilustración 5.22: Pantalla juego sin actividades visibles	60
Ilustración 5.23: Pantalla juego con actividades visibles (1).....	61
Ilustración 5.24: Pantalla juego con actividades visibles (2).....	61
Ilustración 5.25: Pantalla interacción	62
Ilustración 5.26: Pantalla interacción	62
Ilustración 5.27: Pantalla pregunta	62
Ilustración 5.28: Pantalla sonido	62

Ilustración 5.29: Pantalla imagen	62
Ilustración 5.30: Pantalla recuerdos	63
Ilustración 5.31: Pantalla memorización	63
Ilustración 5.32: Pantalla dibujo	63
Ilustración 5.33: Pantalla eliminación juego	64
Ilustración 5.34: Pantalla edición juego (1).....	64
Ilustración 5.35: Pantalla edición juego (2).....	64
Ilustración 5.36: Pantalla descarte edición juego	64
Ilustración 5.37: Pantalla eliminación actividad	64
Ilustración 5.38: Pantalla edición interacción	65
Ilustración 5.39: Pantalla edición acción.....	65
Ilustración 5.40: Pantalla edición sonido.....	65
Ilustración 5.41: Pantalla edición pregunta	65
Ilustración 5.42: Pantalla edición imagen	65
Ilustración 5.43: Pantalla edición recuerdos.....	66
Ilustración 5.44: Pantalla edición memorización	66
Ilustración 5.45: Pantalla edición dibujo	66
Ilustración 5.46: Pantalla ejecución interacción	67
Ilustración 5.47: Pantalla ejecución sonido	68
Ilustración 5.48: Pantalla ejecución pregunta.....	68
Ilustración 5.49: Pantalla ejecución imagen	68
Ilustración 5.50: Pantalla ejecución memorización	69
Ilustración 5.51: Pantalla ejecución memorización (recuerdo)	69
Ilustración 5.52: Pantalla ejecución dibujo	69
Ilustración 5.53: Pantalla ejecución recuerdos	69
Ilustración 5.54: Pantalla abandono juego.....	70
Ilustración 5.55: Pantalla completitud juego	70
Ilustración 5.56: Pantalla juegos clásicos	71
Ilustración 5.57: Pantalla perfil	71
Ilustración 5.58: Pantalla juegos completados	71
Ilustración 5.59: Pantalla actividades completadas	71
Ilustración 5.60: Logo	73
Ilustración 5.61: Pantalla de carga.....	73
Ilustración 5.62: Esquema de conexiones del dispositivo físico	77
Ilustración 5.63: Esquema general del protocolo de comunicación	78
Ilustración 5.64: Esquema de respuesta de la aplicación	81
Ilustración 5.65: Esquema de respuesta del dispositivo	82
Ilustración 6.1: Implementación inicial del dispositivo físico.....	86
Ilustración 6.2: Botones arcade	86

Ilustración 6.3: Caja de botón y botón.....	87
Ilustración 6.4: Cable de conexión con el botón	87
Ilustración 6.5: Conexión del cable con el botón	88
Ilustración 6.6: Conexión del cable con el dispositivo.....	88
Ilustración 6.7: Carcasa del dispositivo.....	88
Ilustración 6.8: Led de conexión Bluetooth	88
Ilustración 6.9: Botón final.....	89
Ilustración 6.10: Implementación final de conexiones.....	89
Ilustración 6.11: Dispositivo final (1)	89
Ilustración 6.12: Dispositivo final (2)	89
Ilustración 7.1: Interacción del educador con el sistema.....	102
Ilustración 8.1: Diagrama de planificación del proyecto.....	105
Illustration 11.1: Pairing game example.....	115
Illustration 11.2: Brain Training for Nintendo DS (Boxley, 2006).....	116
Ilustración A.1: Pantalla de carga.....	128
Ilustración A.2: Pantalla principal	129
Ilustración A.3: Pantalla de creación de juego	129
Ilustración A.4: Pantalla de creación de juego (con nombre).....	129
Ilustración A.5: Pantalla de descarte de juego.....	129
Ilustración A.6: Pantalla de categoría de actividad	129
Ilustración A.7: Pantalla de creación de interacción	129
Ilustración A.8: Pantalla de creación de acción.....	129
Ilustración A.9: Pantalla de creación de botón	129
Ilustración A.10: Pantalla de creación de joystick	129
Ilustración A.11: Pantalla de creación de rotor	129
Ilustración A.12: Pantalla de creación de botón (selección de color)	129
Ilustración A.13: Pantalla de creación de botón (selección de veces).....	129
Ilustración A.14: Pantalla de creación de joystick (selección de dirección)	129
Ilustración A.15: Pantalla de creación de rotor (selección de ángulo)	129
Ilustración A.16: Pantalla de creación de interacción (con acciones)	129
Ilustración A.17: Pantalla de creación de pregunta	129
Ilustración A.18: Pantalla de creación de pregunta (con selección de pregunta)	129
Ilustración A.19: Pantalla de selección de imagen	129
Ilustración A.20: Pantalla de selección de pictograma.....	129
Ilustración A.21: Pantalla de selección de pictograma (con búsqueda)	129
Ilustración A.22: Pantalla de creación de pregunta (con completitud de pregunta).....	129
Ilustración A.23: Pantalla de creación de pregunta (con selección de respuesta) (1) ..	129
Ilustración A.24: Pantalla de creación de pregunta (con selección de respuesta) (2) ..	129
Ilustración A.25: Pantalla de creación de pregunta (con completitud de respuesta)....	129

Ilustración A.26: Pantalla de creación de pregunta (con selección de respuesta correcta)	
(1)	129
Ilustración A.27: Pantalla de creación de pregunta (con selección de respuesta correcta)	
(2)	129
Ilustración A.28: Pantalla de creación de pregunta (con completitud de respuesta correcta)	
.....	129
Ilustración A.29: Pantalla de creación de memorización (1).....	129
Ilustración A.30: Pantalla de creación de memorización (2).....	129
Ilustración A.31: Pantalla de creación de memorización (con completitud de memorización).....	129
Ilustración A.32: Pantalla de creación de memorización (con completitud de pista) ..	129
Ilustración A.33: Pantalla de creación de memorización (con completitud de respuesta correcta).....	129
Ilustración A.34: Pantalla de creación de memorización (respuestas) (1)	129
Ilustración A.35: Pantalla de creación de memorización (respuestas) (2)	129
Ilustración A.36: Pantalla de creación de memorización (con completitud de respuestas)	
(1)	129
Ilustración A.37: Pantalla de creación de memorización (con completitud de respuestas)	
(2)	129
Ilustración A.38: Pantalla de creación de memorización (con completitud de respuestas)	
(3)	129
Ilustración A.39: Pantalla de creación de dibujo	129
Ilustración A.40: Pantalla de creación de dibujo (completo)	129
Ilustración A.41: Pantalla de creación de recuerdos.....	129
Ilustración A.42: Pantalla de creación de recuerdos (completo)	129
Ilustración A.43: Pantalla de adición de actividades existentes	129
Ilustración A.44: Pantalla de creación de juego (con actividades).....	129
Ilustración A.45: Pantalla principal (con juego).....	129
Ilustración A.46: Pantalla de juego.....	129
Ilustración A.47: Pantalla de juego (con actividades)	129
Ilustración A.48: Pantalla de juego (activación de bluetooth).....	129
Ilustración A.49: Pantalla de juego (conexión con dispositivo).....	129
Ilustración A.50: Pantalla de interacción (comienzo)	129
Ilustración A.51: Pantalla de interacción (reproducción)	129
Ilustración A.52: Pantalla de fallo	129
Ilustración A.53: Pantalla de acierto.....	129
Ilustración A.54: Pantalla de pregunta	129
Ilustración A.55: Pantalla de pregunta (visualización de pregunta).....	129
Ilustración A.56: Pantalla de pregunta (selección de respuesta)	129

Ilustración A.57: Pantalla de memorización.....	129
Ilustración A.58: Pantalla de memorización (visualización de memorización)	129
Ilustración A.59: Pantalla de adivinanza de memorización	129
Ilustración A.60: Pantalla de adivinanza de memorización (selección de respuesta) ..	129
Ilustración A.61: Pantalla de dibujo	129
Ilustración A.62: Pantalla de dibujo (visualización)	129
Ilustración A.63: Pantalla de recuerdos	129
Ilustración A.64: Pantalla de finalización de juego	129
Ilustración A.65: Pantalla de juegos clásicos	129
Ilustración A.66: Pantalla de perfil.....	129

GLOSARIO

Acción: subactividad de la actividad de tipo interacción. Puede ser de tipo botón, joystick o rotor.

Actividad: tarea que, en conjunción con otras, forma un juego. El modo de operar en cada tarea viene designado por su categoría.

Adivinanza de memorización: segunda fase de la actividad de memorización en la que es necesario determinar qué se había memorizado en la primera fase.

Apache Cordova: entorno de desarrollo de aplicaciones móviles que da soporte a Ionic.

Arduino CC: entorno de desarrollo integrado empleado para la implementación del dispositivo físico.

Arduino Uno: placa electrónica empleada para la creación del dispositivo físico.

Bluetooth Low Energy: tecnología de comunicación inalámbrica de bajo consumo empleada para la comunicación entre dispositivo físico y aplicación.

Botón: tipo de acción en la que se hace referencia a la pulsación de un determinado botón.

Creative Commons: organización internacional que aporta una serie de licencias de derechos de autor.

Dibujo: categoría de actividad en la que se propone al usuario dibujar algo determinado.

Dispositivo físico: dispositivo creado para la integración de todos los elementos físicos y permitir la interacción tangible.

Dispositivo móvil: dispositivo que permite la ejecución de la aplicación.

Framework: plataforma que define unas pautas determinadas para el desarrollo.

Imagen: categoría de actividad en la que se propone al usuario una pregunta a partir de una imagen.

Interacción: categoría de actividad en la que se propone al usuario el seguimiento de una determinada secuencia de colores como en el juego Simon Dice.

Ionic 3: framework empleado para el desarrollo de la aplicación.

Joystick: tipo de acción en la que se hace referencia al movimiento de un joystick en una determinada dirección.

Juego: conjunto de actividades que se desarrollan de forma seguida.

Material Design: guía de diseño planteada por Google para el desarrollo de aplicaciones.

Memorización: categoría de actividad en la que se propone al usuario memorizar algo determinado (texto, imagen o sonido) para luego recordar lo memorizado.

Módulo Bluetooth BLE HC-08: módulo empleado para el establecimiento de la comunicación BLE entre dispositivo físico y aplicación.

Módulo Storage: módulo de almacenamiento de información de Ionic.

Multiplataforma: adjetivo que hace referencia a la capacidad de ejecución en dispositivos con diferentes sistemas operativos.

Pregunta: categoría de actividad en la que se propone una pregunta al usuario y unas posibles respuestas, de las cuales solo existe una correcta. En un primer lugar, la pregunta y las respuestas solo contienen texto. Sin embargo, se añade la posibilidad de añadir imágenes y texto a cada uno de ellos.

Recuerdos: categoría de actividad en la que se propone al usuario hablar sobre algo determinado.

Rotor: tipo de acción en la que se hace referencia al giro de un rotor en una angulación.

Secuencia de acciones: lista de acciones que se encuentran en un determinado orden de ejecución y forman una actividad de tipo interacción.

Secuencia de actividades: lista de actividades que se encuentran en un determinado orden de ejecución y forman un juego.

Simon Dice: juego en el que se reproduce una secuencia de colores y sonidos asociados a cada color. Cuando finaliza la reproducción, el usuario debe recrear la secuencia pulsando los botones asociados a los colores.

Software Serial: librería de Arduino empleada para el procesamiento de la información enviada y recibida a través de Bluetooth.

Sonido: categoría de actividad en la que se propone al usuario una pregunta a partir de un sonido.

Tinkerknit: módulo físico de Arduino que facilita la adición de entradas y salidas en la comunicación con dispositivos externos como botones o leds.

ACRÓNIMOS

ARASAAC: Portal Aragonés de Comunicación Aumentativa y Alternativa.

BLE: Bluetooth Low Energy.

CEAFA: Confederación Española de Asociaciones de Familiares de Personas con Alzheimer y otras Demencias.

CREA: Centro de Referencia Estatal de Atención a Personas con Enfermedad de Alzheimer y otras Demencias.

IDE: Integrated Development Environment.

JSON: JavaScript Object Notation.

LOPD: Ley Orgánica de Protección de Datos.

NFC: Near Field Communication.

TEA: Trastorno del Espectro Autista.

1

INTRODUCCIÓN

El día 21 de septiembre es el Día Mundial del Alzheimer (CEAFA, 2017). Gracias a días como este, se logra cada vez más que este tipo de enfermedades tenga una mayor repercusión mediática y que la sociedad sea consciente de su gran impacto. Según un estudio realizado en el año 2015, hay alrededor de 46,8 millones de personas en el mundo que padecen algún tipo de demencia y cada tres segundos hay una nueva persona que la desarrolla (Prince, et al., 2015). Además, se estima que esta cantidad es cada vez mayor y que para el año 2050 esta cifra pueda incrementarse hasta los 131,5 millones de personas (Prince, et al., 2015). A través de este estudio queda plasmada la relevancia de las enfermedades relacionadas con la demencia y que se debe investigar aún más sobre ellas para evitar que prosiga su expansión.

Sin embargo, la investigación sobre la demencia no solo atañe centrarse en las personas que la padecen sino en las personas que podrían padecerla en un futuro. Es por ello que no se debe dejar en el olvido a las personas con otras discapacidades intelectuales. Éstas son más susceptibles de desarrollar demencias y su correcto tratamiento puede ayudar a que no las padezcan y a combatir la propia discapacidad intelectual (Alzheimer's Disease International, 2003).

1.1. Motivación del trabajo

Cada vez más, los medios se encargan no sólo de expresar la importancia de la prevención y la detección prematura de las discapacidades cognitivas, sino también la importancia del correcto tratamiento de éstas (Álvarez, 2015). Se ha demostrado que los tratamientos farmacológicos no son eficaces actualmente y que la recuperación cognitiva es notoria al realizar ejercicio físico y entrenamiento cognitivo (Petersen, et al., 2018).

Además, se ha comprobado la efectividad del empleo de actividades interactivas para desarrollar este entrenamiento y frenar la aceleración del deterioro cognitivo (Woods, Aguirre, Spector, & Orrell, 2012). Estas actividades persiguen estimular el pensamiento y la memoria en general, por lo que incluyen tareas como hablar de eventos del presente y del pasado, completar juegos de palabras y rompecabezas o escuchar música (Woods, Aguirre, Spector, & Orrell, 2012).

Sin embargo, es posible comprobar mediante el estudio del estado del arte que el despliegue tecnológico para la implementación de este tipo de juegos interactivos es escaso. Además, aquellos juegos que sí emplean la tecnología no se encuentran enfocados al tratamiento de estas enfermedades. Debido a este motivo, su capacidad de adaptación al usuario es casi inexistente.

Por otro lado, es necesario destacar que las personas encargadas de cuidar a las personas con discapacidad tienen un complejo trabajo diario. Deben lidiar con la invención de nuevas tareas que se adapten a las condiciones individuales de cada persona con discapacidad. Todo ello con una cantidad de recursos y tiempo limitados.

Teniendo esto en consideración, es necesario el desarrollo tecnológico en este ámbito para proporcionar, tanto a personas cuidadoras como a personas cuidadas, medios usables que les permitan mejorar su calidad de vida.

1.2. Objetivos

Teniendo en cuenta las motivaciones especificadas, el principal objetivo del trabajo es el desarrollo de una aplicación que permita al usuario la creación de actividades interactivas personalizadas para el desarrollo intelectual de personas con discapacidades cognitivas. Todo ello mediante la interacción tanto multitáctil como tangible, adaptada a las necesidades del usuario y de forma lúdica.

Para lograr este objetivo principal, es necesaria la consecución de los siguientes objetivos parciales:

- **Desarrollo de una aplicación móvil multiplataforma:** ésta permitirá la creación de juegos. Dichos juegos estarán formados por actividades personalizables a las necesidades de la persona que jugará. Es decir, el usuario creador del juego podrá diseñar, entre otras cosas, sus propias preguntas con texto, imágenes o sonido; crear temas sobre los que hablar o dibujar; o crear secuencias de botones a pulsar como se hace en el juego Simon Dice. Estos factores permiten contribuir a la personalización y a que se adapte a las condiciones cognitivas del usuario.
- **Desarrollo de un dispositivo físico:** este contará con una serie de botones y se encontrará conectado con la aplicación móvil mediante la tecnología inalámbrica. Mediante la interacción con estos botones se podrá sustituir la interacción multitáctil de la aplicación móvil para completar los diferentes juegos. De este modo, se logrará llevar un paso más allá la interacción de como se hace en otras soluciones existentes, permitiendo que se desarrolle de una manera más intuitiva. Además, permitirá contribuir a que se adapte a las condiciones físicas del usuario.

1.3. Estructura del documento

En el presente apartado se procede a la descripción de la organización del documento. Es decir, se detalla una enumeración de los capítulos en los que se divide el presente escrito junto a una descripción resumida de lo que se trata en cada uno de ellos. De esta manera, es posible tener una visión general de la estructura del proyecto:

1. **Introducción:** capítulo que incluye las motivaciones que han llevado al desarrollo del trabajo, el listado de objetivos a lograr con el desarrollo del mismo y un resumen de la estructura del documento.
2. **Marco regulador:** apartado que plasma el análisis de la legislación aplicable sobre el sistema a desarrollar, los estándares técnicos, las cuestiones relacionadas con la propiedad intelectual y la responsabilidad profesional del lenguaje.
3. **Estado del arte:** punto en el cual se detalla el estudio de la situación actual en lo referente al proyecto. En él se presentan sistemas y estudios ya realizados sobre el ámbito, así como la especificación de la solución propuesta y la comparación entre los sistemas previos y la esta solución propuesta.
4. **Análisis:** en este episodio se incluye tanto la descripción como la especificación de los requisitos del sistema abstraídos a partir del análisis del estado del arte.
5. **Diseño:** a partir de los requisitos especificados, se detalla en esta sección el diseño de la aplicación, el diseño del dispositivo físico y el diseño del protocolo de comunicación entre aplicación y dispositivo.

6. **Implementación:** en este punto se describe lo relacionado con el entorno tecnológico empleado para el desarrollo, la implementación realizada de la aplicación e implementación del dispositivo físico. En cuanto a la implementación del dispositivo físico se incluye tanto la implementación realizada en un comienzo como la implementación final.
7. **Pruebas:** una vez completada la implementación, se incluyen las pruebas realizadas para comprobar el funcionamiento del sistema realizado, así como la prueba realizada en la visita a un centro de educación especial.
8. **Planificación:** en esta sección se detallan las reuniones realizadas durante el desarrollo del proyecto, así como la especificación de las tareas llevadas a cabo.
9. **Entorno socio-económico:** en este capítulo se define el presupuesto de elaboración del trabajo, junto al impacto socio-económico esperado de la aplicación del resultado del proyecto.
10. **Conclusiones:** acto seguido, se detallan los objetivos cumplidos con el desarrollo del proyecto y sus líneas futuras de trabajo.
11. **Extended abstract:** en último lugar, se incorpora un apartado que incluye un resumen extendido del proyecto en inglés. En él, se detalla en este idioma las secciones de introducción, estado del arte y conclusión.

2

MARCO REGULADOR

2.1. Legislación aplicable

En lo que respecta al análisis de la legislación aplicable sobre la implementación, es necesario destacar que la aplicación a desarrollar manejará información considerada de carácter sensible. Esto es debido a que los juegos desarrollados pueden contener cualquier tipo de información personal de los usuarios, así como imágenes y sonidos de éstos. Es por ello, que es necesario verificar el cumplimiento de la LOPD (Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre).

Sin embargo, es necesario puntualizar que esta información no es recopilada ni almacenada por los desarrolladores de modo que únicamente permanece almacenada en el dispositivo móvil del usuario. Por este motivo, el usuario es el único responsable de la información introducida en la aplicación y del uso que se haga de ésta.

Durante el desarrollo del proyecto, se formalizó una reunión con un educador del Colegio de Educación Especial Sor Juana Inés de la Cruz de Fuenlabrada. El educador autorizó la filmación de su interacción con el sistema implementado y una serie de preguntas sobre su visión del proyecto, para su empleo con fines de investigación en este proyecto.

2.2. Estándares técnicos

En cuanto a la tecnología empleada para el desarrollo de la solución, cabe destacar que toda ella es de libre acceso desde sus respectivas páginas webs, a excepción de la licencia de Microsoft Windows 10, Microsoft Office 360 y Axure RP 8. Estas últimas se han obtenido gracias a la licencia universitaria que proporcionan.

También cabe destacar el empleo de pictogramas en la aplicación. No existe un estándar regulado sobre el diseño de pictogramas, pero sí un estándar de facto. La fuente de símbolos pictográficos utilizados son propiedad del Gobierno de Aragón para ARASAAC que los distribuye bajo licencia Creative Commons (Gobierno de Aragón, 2018).

2.3. Propiedad intelectual

Los derechos de autoría de la obra se reservan al creador de la misma. El cual posee la legitimidad sobre la divulgación, el reconocimiento de la autoría, la integridad y la modificación del trabajo.

2.4. Responsabilidad profesional del lenguaje

Puesto que en la obra se aborda el ámbito de la diversidad funcional, es necesario declarar la responsabilidad ética y profesional del lenguaje empleado. La medición de las palabras empleadas para dirigirse a personas con diversidad funcional es imprescindible. Es necesario transmitir un mensaje de respeto e igualdad y de no discriminación, ya que estas palabras pueden ser utilizadas en trabajos posteriores y extenderse al lenguaje de la sociedad.

Por ello, es indispensable recalcar la utilización en el presente trabajo del People-first language, que expone las guías para crear un lenguaje respetuoso y evitar la deshumanización (Snow, 2007).

3

ESTADO DEL ARTE

3.1. Situación actual

Antes de plantear el diseño de soluciones, es necesario especificar el análisis de la situación actual de la temática tratada en el trabajo. En primer lugar, se realiza una investigación sobre los estudios que especifican cuáles son las actividades necesarias para que se produzca el desarrollo cognitivo en personas con discapacidades cognitivas.

Acto seguido, se estudian las aplicaciones existentes que persiguen el desarrollo cognitivo, tanto si están diseñadas para personas con discapacidades cognitivas como si no lo están.

3.1.1. Actividades

En lo que respecta a las actividades para el desarrollo cognitivo en personas con discapacidades intelectuales, se destacan tareas como la discusión de eventos pasados y presentes y temas de interés, la completitud de juegos de palabras y rompecabezas y el reconocimiento de imágenes y música. También se hace hincapié en la realización de tareas tangibles como la repostería o la jardinería, que permiten fomentar el desarrollo cognitivo en complemento con el desarrollo de las habilidades motrices. Además de lograr la realización de ejercicio para promover una vida sana (Woods, Aguirre, Spector, & Orrell, 2012).

Sin embargo, las actividades que despuntan sobre el resto son aquellas en las que se emplean imágenes. Se hace uso de dibujos, fotografías, símbolos y formas para la creación de juegos. Estos juegos consisten principalmente en el reconocimiento de lo que se representa en la imagen, el recuerdo de una imagen para su posterior

reconocimiento o en el emparejamiento de imágenes. Los emparejamientos se pueden realizar según color, formas o temática, entre otros (Espínola, 2015).

En la Ilustración 3.1, se puede observar un ejemplo de grupo de imágenes que se pueden emplear en alguno de estos juegos. Estas imágenes se podrían agrupar según una forma determinada, un número de aristas puntiagudas o redondeadas o un color.

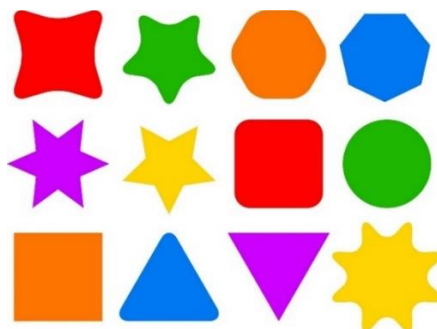


Ilustración 3.1: Ejemplo juego de emparejamiento

3.1.2. Aplicaciones

El enfoque otorgado en el trabajo hace que la atención principal no solo se centre en el uso de estas aplicaciones por el público en general sino en su uso por personas con discapacidades cognitivas y mediante una interacción tangible. Debido a esto, las aplicaciones a analizar se dividen en tres categorías.

Aplicaciones generales

En este apartado se incluyen aquellas aplicaciones que no han sido diseñadas en concreto para su uso por personas con diversidades cognitivas, sino que van dirigidas a todos los públicos.

El origen de la popularidad de este tipo de aplicaciones tuvo lugar en el año 2006, con la llegada del juego Brain Training para Nintendo DS (Nintendo, 2018).

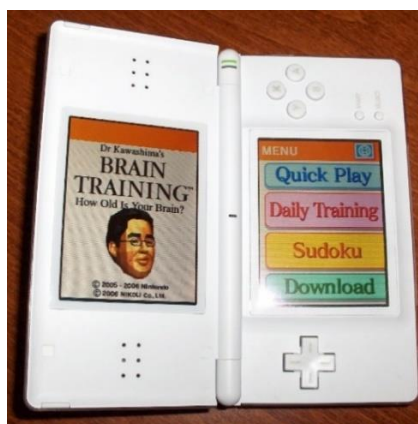


Ilustración 3.2: Juego Brain Training en Nintendo DS (Boxley, 2006)

Este juego consistía en la realización de ciertas actividades, principalmente de cálculo, para mantener el cerebro activo y lograr una mayor agilidad mental. Como, por ejemplo, la resolución de ecuaciones simples, memorización de números o acertijos matemáticos. El juego aportaba una serie de actividades de entrenamiento diario y puntuaba los resultados asignándole una edad al cerebro del jugador.

La interacción en las actividades de Brain Training era únicamente táctil y consistía en el dibujo con el lápiz de la consola del número de respuesta deseado.

Con el paso del tiempo, se han desarrollado infinidad de aplicaciones para dispositivos móviles que se han basado en este juego (Mindware Consulting, 2018; App Holdings, 2018). En ellas, se introduce una mayor variedad de actividades, como la inclusión de tareas con imágenes. También se mejora el modo de interacción táctil, ya que no es necesario dibujar la respuesta, sino que es posible seleccionar el resultado mediante pulsación.

Sin embargo, en ninguna de ellas se incorpora una interacción tangible para la resolución de actividades ni se presenta ninguna adaptación para personas con discapacidad o de personalización de los juegos existentes.

Aplicaciones específicas

En este caso, se estudian las aplicaciones que sí han sido diseñadas para su uso por personas con discapacidades cognitivas.

El catálogo de aplicaciones existentes en este ámbito es muy acotado. Además, las plataformas en las que se encuentran son escasas. Pocas son compatibles para Android y iOS a la vez. En cuanto al idioma, la mayoría de ellas se encuentran únicamente en inglés.

El CREA proporciona varios catálogos que recopilan aplicaciones útiles para el tratamiento de la demencia (Alonso, 2013; CREA, 2018). Estas se dividen tres categorías. La primera de ellas, aplicaciones para cuidadores, engloba aquellas que aportan información relevante para estos sobre el cuidado de la demencia. Otra categoría es la de aplicaciones para profesionales, que incluye aquellas que permiten detectar la demencia de forma prematura. Por último, es posible encontrar las aplicaciones para las personas con demencia, que se encargan de la estimulación cognitiva y son las de relevancia para el estudio. Se han analizado las siguientes:

- **Brainyapp** (Alzheimer's Australia, 2018): incluye un programa complejo de preguntas sobre la salud del sujeto y proporciona consejos para mejorar dicha salud. También sirve como planificador de actividades diarias de ejercicio

físico. Sin embargo, las actividades de desarrollo cognitivo se limitan a preguntas sobre salud y fisiología de un nivel complejo.

- **Imentia Professional** (Imentia, 2018): requiere que el registro sea realizado por una empresa para poder utilizar la aplicación.
- **Stimulus** (Software DELSOL, 2018): existe una versión de prueba que ofrece cuatro tipos de actividades: resolución de operaciones matemáticas, reconocimiento de colores, recuerdo de una figura y búsqueda de imágenes por parejas. Estas permiten el desarrollo de habilidades de cálculo, atención y memoria a corto y largo plazo. Además, las tareas son explicadas mediante comandos de voz. Sin embargo, las actividades son acotadas y no se pueden crear nuevas o adaptar al usuario.
- **Backup Memory** (Pixels trade, 2018): aplicación creada por Samsung que mediante el almacenamiento de imágenes y texto permite ayudar a las personas con demencia a recordar quiénes son las personas que le rodean. De esta manera se podrán añadir descripciones e imágenes que le permitan el reconocimiento de estas personas. En este caso, el factor de personalización y adaptación al usuario es destacable. Sin embargo, el entorno de utilización es acotado y no ofrece la posibilidad de interactuar de una manera lúdica a modo de juego.
- **Remember First** (WenBit, 2018): de una forma parecida a la aplicación anterior, esta aplicación ofrece la posibilidad de recordar mediante imágenes y texto y, además, sonido. Ofrece una serie de categorías predefinidas, como comida, familia o cuarto de baño. Dentro de estas categorías es posible encontrar cada elemento individual del que muestra la foto y nombre. Además, este nombre es reproducido mediante voz. Por ejemplo, se podría encontrar un tenedor o un cepillo de dientes. También permite la edición de la categoría y los elementos existentes y la creación de nuevos.

En este caso, en algunas de estas aplicaciones específicas sí es posible apreciar una adaptación para personas con discapacidad, como la explicación por comandos de voz de Stimulus. Así como una cierta capacidad de personalización, como la posibilidad de adición de imágenes propias de Backup Memory y RememberFirst.

Aplicaciones con interacción tangible

En último lugar, se especifican aquellas aplicaciones móviles que implementan un modo de interacción tangible y se encuentran diseñadas para su uso por personas con discapacidades cognitivas.

El uso de una interfaz tangible permite a los usuarios interactuar con la información digital mediante el entorno físico que les rodea. Por ejemplo, con el uso de botones, ratones o mandos. La utilización de estos elementos permite sustituir la interacción multitáctil del dispositivo móvil, ya que ésta puede resultar dificultosa para algunas personas con determinadas condiciones físicas. De esta manera, se permite acercar la tecnología a aquellas personas que no la emplearían y que no podrían aprovecharse de sus beneficios si no se dispusiese de este modo de interacción. Además, este modo motiva la movilidad del usuario al interactuar con los elementos físicos. Factor que contribuye al desarrollo psicomotriz.

En el caso de las aplicaciones analizadas, éstas serían controladas mediante la interacción con estos dispositivos físicos (botones, ratones, mandos, etc.) en lugar de emplear la interacción multitáctil del dispositivo móvil.

En este caso, el catálogo es apenas existente. Una posible implementación sería la realizada en un estudio de la universidad de Castilla-La Mancha (de la Guía, Lozano, & Penichet, 2013). En él, se crea un sistema tangible mediante etiquetas NFC que puede interactuar con un dispositivo móvil. El sistema tangible está formado por un panel al que se le han adherido imágenes impresas de determinadas categorías: frutas, animales, objetos, etc. Entonces, se le asigna a cada imagen una determinada etiqueta y al pasar el móvil por encima, es posible controlar la respuesta de este dispositivo. De esta manera, es posible la creación de diversos juegos interactivos para el desarrollo cognitivo.

Mediante un sistema como éste, se puede generar un modo de interacción intuitivo para personas con determinada discapacidad. Sin embargo, se trata de un medio para lograrlo ya que este sistema de interacción debe ser implementado en una aplicación móvil.

3.2. Diseño de soluciones

Una vez completado el análisis de las aplicaciones actuales en el ámbito del desarrollo cognitivo, es posible especificar el diseño de soluciones planteado. En lo que respecta a estas aplicaciones, es posible destacar que, en su conjunto, presentan un grado de adaptabilidad bajo a las condiciones de las personas con diversidad funcional. Esto sucede tanto en el ámbito cognitivo como en el motriz.

En cuanto al ámbito cognitivo, la capacidad de personalización de las actividades es casi inexistente. En la mayoría de las aplicaciones únicamente es posible encontrar juegos con categorías predefinidas que permiten desarrollar habilidades muy concretas. Además, en

aquellas en las que sí se permite cierto grado de personalización para adaptar las actividades al conocimiento de los usuarios, la capacidad de interacción es limitada.

En lo relativo al ámbito motriz, la situación es similar. La capacidad de adaptación a las condiciones físicas de estas personas es insuficiente. La mayoría de las aplicaciones proponen una solución mediante la interacción multitáctil, cuya utilización por algunas personas puede ser compleja. Además, las escasas soluciones que poseen una interacción tangible no permiten la interacción con aplicaciones de desarrollo cognitivo funcionales.

Debido a lo anteriormente mencionado, es necesario el diseño de una solución que integre todos estos aspectos y que permita adaptarse a las necesidades de cada persona. Tanto a las condiciones intelectuales como a las condiciones físicas.

3.2.1. Soluciones para el dispositivo físico

En lo que respecta a la adaptabilidad del sistema a las condiciones físicas individuales de cada usuario, se plantea el diseño de un dispositivo físico que incluya una serie de elementos físicos para permitir la interacción con la aplicación móvil. Este sistema permitirá sustituir, en caso de que se desee, la interacción multitáctil a través de la pantalla del dispositivo móvil por la interacción tangible empleando los elementos que incorpora. Estos elementos son los siguientes:

- **Botones:** permiten la interacción mediante pulsación del elemento.
- **Joystick:** permite la interacción mediante el desplazamiento del elemento. Se detectará su movimiento en los cuatro sentidos.
- **Rotor:** permite la interacción mediante la rotación del elemento. Se detectará la rotación en ángulos de 90° en 90°.
- **Leds:** existirá un led asociado a cada uno de los botones, a cada movimiento del joystick y a cada movimiento del rotor.

El empleo de estos componentes permite la estimulación de diversas capacidades motoras y la adaptación según las necesidades físicas del usuario. Para contribuir a este hecho, también se permite la movilidad de los elementos de forma individual para que puedan ser posicionados en la disposición deseada. El diseño de un sistema destinado a personas con discapacidades requiere la implementación de una solución abierta que permita adaptarse a cada usuario, ya que cada uno de ellos posee unas necesidades distintas.

El principal potencial de este sistema es la capacidad de utilización de la aplicación a aquellas personas que no les sea posible interactuar con el dispositivo móvil por sus condiciones físicas. También permite su utilización a personas que encuentren más

sencilla la interacción tangible y que en caso de no existir este modo de interacción, no emplearían el sistema.

Otro factor de gran relevancia es la capacidad de desarrollo psicomotriz. La movilidad mediante la interacción con el dispositivo móvil es apenas existente. Sin embargo, mediante el posicionamiento en lugares determinados de los elementos de interacción del dispositivo físico, es posible lograr que se produzca una deseada movilidad física y contribuir en programas de desarrollo psicomotriz.

3.2.2. Soluciones para la aplicación móvil

Para posibilitar la adaptación de la aplicación a los conocimientos individuales de los usuarios, se plantea el diseño de una aplicación móvil que permita la creación de juegos personalizados. Cada uno de los juegos consta de una serie de actividades personalizadas.

Este hecho contribuye también a la adaptabilidad del sistema a las condiciones temporales, ya que será posible añadir más o menos actividades a un juego en función del tiempo del que los usuarios dispongan para su desarrollo.

En cuanto a las actividades que se podrán añadir, han sido seleccionadas para estimular un amplio rango de sentidos y aspectos del desarrollo cognitivo. Aquellas actividades que requieran marcar una respuesta por parte del usuario constarán de cuatro colores seleccionables mediante la interacción táctil del dispositivo móvil: rojo, verde, amarillo y azul. Además del color, siempre se incluirá el nombre de éste para facilitar la interacción a personas con daltonismo. Cada uno de estos colores se encuentra asociado a un determinado botón del dispositivo físico. La interacción con ellos puede sustituir a la interacción táctil.

Las actividades son las siguientes:

- **Interacción:** esta actividad constará de una lista de acciones especificadas por el creador del juego. Cada acción constará de un color a seleccionar (con su botón a pulsar asociado) y el número de veces que debe ser seleccionado. También permitirá seleccionar un desplazamiento concreto del joystick o de giro del rotor, en caso de que se emplee el dispositivo físico.

En la ejecución de la actividad, se reproducirá la lista de acciones mediante la iluminación de los elementos determinados el número de veces escogido. Además de la reproducción de un efecto de sonido distinto en cada caso, para permitir la interacción a personas con discapacidades visuales. Mientras, la iluminación permitirá la interacción a personas con discapacidades auditivas.

Entonces será necesario seleccionar los elementos marcados en el orden correcto para completar la actividad. Como ocurre en el juego Simon Dice.

Mediante este tipo de actividad se logra el desarrollo cognitivo de la memoria a corto plazo junto al desarrollo psicomotriz. Esto último gracias a la interacción con los elementos físicos.

- **Pregunta:** en esta actividad, el creador introducirá de forma textual una pregunta y cuatro respuestas posibles a esa pregunta (cada una asociada a un color), y determinará cuál de ellas es la correcta.

En la ejecución de la actividad, el usuario visualizará la pregunta y las respuestas posibles y marcará la que considere correcta. En caso de éxito, se indicará este hecho, de forma visual y auditiva. En caso de fallo, también se indicará este hecho y se permitirá seleccionar de nuevo.

Mediante este tipo de actividad se permite tanto el desarrollo cognitivo de la memoria a corto plazo como el de la memoria a largo plazo y los recuerdos. Todo en función de la pregunta especificada.

- **Sonido:** esta actividad es similar a la anterior. En lugar de especificar texto para la pregunta, el creador deberá especificar un sonido.

En la ejecución de la actividad, este sonido será reproducido y el usuario escogerá la respuesta correcta en función de éste.

Mediante este tipo de actividad se permite el desarrollo cognitivo a través de una estimulación auditiva. Además, posibilita la interacción a personas con discapacidades visuales.

- **Imagen:** de igual forma que en el caso anterior, en este caso se sustituye el texto de la pregunta por una imagen seleccionada por el creador.

En la ejecución de la actividad, esta imagen será mostrada y el usuario escogerá la respuesta correcta en función de éste. Mediante este tipo de actividad se permite el desarrollo cognitivo a través de una estimulación visual. Además, posibilita la interacción a personas con discapacidades auditivas o de lectura.

- **Memorización:** se trata de una actividad en la que el creador especifica una frase que el usuario deberá memorizar, una pista para ayudarlo a memorizarla y las respuestas posibles (entre las cuales se encuentra la frase). Además, debe introducir el número de actividades desde que se muestra la frase a memorizar hasta que se muestra la pista y se debe adivinar la frase memorizada.

La ejecución de esta actividad se produce en dos fases. En la primera se muestra la frase que el usuario debe memorizar. En la segunda, se muestra la pista y las respuestas posibles, entre las cuales el usuario debe seleccionar la respuesta correcta. Mediante este tipo de actividad se logra el desarrollo cognitivo de la memoria a corto plazo.

- **Dibujo:** esta categoría permite al creador escribir una temática sobre la que el usuario deberá dibujar.

En la ejecución de la actividad, la temática será mostrada y el usuario deberá dibujar en un papel aparte sobre ella. Mediante este tipo de actividad se permite el desarrollo cognitivo de la memoria a largo plazo y de la imaginación, además del desarrollo psicomotriz que posibilita el dibujo.

- **Recuerdos:** esta categoría permite escribir al creador una temática sobre la que el usuario deberá hablar.

En la ejecución de la actividad, la temática será mostrada y el usuario deberá hablar sobre ella. Mediante este tipo de actividad se permite el desarrollo cognitivo de la memoria a largo plazo y de los recuerdos, además del desarrollo de las capacidades de comunicación.

Es oportuno destacar la incorporación de la reproducción de efectos sonoros para transmitir al usuario los distintos estados de una actividad en curso. Desde la reproducción de un sonido de acierto o fallo, hasta la reproducción de un sonido por la pulsación de un determinado botón. Esto hace que se guíe al usuario de una forma más intuitiva y se permita la interacción a personas con discapacidades visuales.

Por otro lado, se permite la reutilización de actividades existentes en nuevos juegos. Es decir, al crear un nuevo juego, se permitirá la opción de añadir actividades que ya hayan sido creadas para otros juegos, en lugar de crear nuevas actividades cada vez que se crea un juego. Esto permitirá facilitar la tarea de creación de un juego, que puede resultar compleja debido a la amplia capacidad de personalización.

En relación con esto anterior, también se incluye un apartado de juegos clásicos, que incluirá una lista de juegos predefinidos y cuya creación no será necesaria.

En último lugar, es necesario señalar la adición de un apartado de estadísticas que incluirá detalles como la cantidad de juegos o actividades completadas, un historial de juegos completados o el número de actividades completadas desglosado por categorías. Estos datos permitirán desde hacer un seguimiento exhaustivo de la actividad realizada con la aplicación hasta poder conocer cuáles son los tipos de actividad que se han completado con menos frecuencia y requieren un mayor refuerzo.

3.2.3. Soluciones para la tecnología a emplear

Acto seguido, se realiza una comparación entre las posibles soluciones tecnológicas para la implementación de la solución propuesta y se escogen las más adecuadas, según los diferentes parámetros de evaluación.

En primer lugar, se realiza la comparación entre los entornos de desarrollo propuestos para el diseño de la aplicación móvil.

TABLA 3.1: COMPARACIÓN ENTRE ENTORNOS DE DESARROLLO

	Ionic	Android	iOS
Fragmentación de dispositivos y versiones	Menor	Mayor	Menor
Multidispositivo	Sí	No	No
Alcance	Mayor	Mayor	Menor

En esta comparación se han incluido los factores considerados más relevantes para la implementación del sistema actual. Se ha aportado especial valor al número de personas al que puede llegar la aplicación y a la sencillez en la implementación para lograr este alcance, evitando la fragmentación. Debido a este motivo, se ha considerado oportuno seleccionar Ionic como plataforma de desarrollo ya que permite diseñar aplicaciones válidas tanto para Android, como para Ios o Windows Phone, y aporta la sencillez de desarrollo de la programación web.

En segundo lugar, se realiza la comparación entre sistemas posibles para la implementación del dispositivo físico detallado.

TABLA 3.2: COMPARACIÓN ENTRE DISPOSITIVOS

	Arduino	Light Blue Bean	Raspberry
Coste*	19,00 €	46,00 €	38,21 €
Potencia computacional	menor	menor	mayor
Tamaño	mayor	menor	mayor
Facilidad de adición de módulos	mayor	menor	moderada
Soporte de la comunidad	grande	pequeño	moderado

*Precios extraídos de las páginas oficiales

En este caso, se han sometido a estudio los aspectos más relevantes de los dispositivos propuestos. Aunque Raspberry ofrece un mayor potencial computacional y Light Blue Bean un tamaño más comedido, estos aspectos no son de gran relevancia para el desarrollo del sistema propuesto. Por ello, se decide escoger Arduino como plataforma de desarrollo por su facilidad para la adición de módulos y el gran soporte de la comunidad.

3.3. Comparación de soluciones

Para concluir el estudio del estado del arte, se realiza una comparación detallada entre las aplicaciones actuales analizadas y la solución propuesta. Estas aplicaciones actuales han sido divididas según las categorías de estudio ya especificadas. Además, los factores de estudio escogidos se corresponden con los ya empleados para analizar estas aplicaciones.

TABLA 3.3: COMPARACIÓN ENTRE APLICACIONES

	Solución propuesta	Aplicaciones generales	Aplicaciones específicas	Aplicaciones con interacción tangible
Persiguen desarrollo cognitivo	Sí	Sí	Sí	Sí
Creación de juegos personalizados	Sí	No	Moderada	Moderada
Adaptación a diversidad funcional	Sí	No	Moderada	No
Interacción multisensorial	Sí	Moderada	Moderada	Sí
Integración tangible	Sí	No	No	Sí

De la tabla anterior, es posible extraer que todas las aplicaciones analizadas persiguen el desarrollo cognitivo. Sin embargo, cada categoría de aplicaciones se encuentra especializada en un ámbito en concreto. Esta especialización provoca que posean características beneficiosas en unos aspectos pero que carezcan de ellas en otros ámbitos.

Por ejemplo, las aplicaciones específicas para su uso por personas con discapacidades cognitivas poseen un grado de personalización en la creación de juegos, pero no permiten integrar la interacción tangible. Del mismo modo, las aplicaciones existentes con interacción tangible no poseen una adaptación a las personas con diversidad funcional y la capacidad de personalización es reducida.

Por ello, la solución propuesta tiene como objetivo unificar todos estos aspectos de estudio que permitirían lograr la construcción de un sistema completo para el desarrollo cognitivo.

4

ANÁLISIS

4.1. Descripción de requisitos

En primer lugar, se detalla la descripción de requisitos de sistema. Estos definen las características y las restricciones del producto y servirán de referencia para la realización del diseño y su implementación. Puesto que no existe un cliente inicial, éstos han sido elaborados a partir del análisis del estado del arte. Además, han sido modificados según los cambios especificados en los diferentes encuentros con el tutor.

Para facilitar las labores de producción, se realiza una clasificación de estos requisitos:

- **Requisitos funcionales:** definen las funciones específicas que realizará el sistema, listando sus características y capacidades. Estos a su vez se pueden clasificar en las siguientes subcategorías según su ámbito temático, para facilitar su identificación:
 - **Aplicación:** incluye aquellos requisitos que especifican características sobre la aplicación que se diseñará para dispositivos móviles.
 - **Creación:** abarca aquellos requisitos sobre la creación de juegos, actividades o acciones.
 - **Edición:** engloba los requisitos sobre la cancelación, eliminación o modificación de actividades, juegos o acciones.
 - **Perfil:** incluye aquellos requisitos sobre información adicional o estadísticas.

- **Comunicación:** incorpora aquellos requisitos que definen características sobre cómo será la comunicación entre la aplicación del dispositivo móvil y el dispositivo físico.
- **Dispositivo:** engloba los requisitos que tratan sobre las características del dispositivo físico a diseñar.
 - **Elementos físicos:** contiene los requisitos que hacen referencia a la definición de los elementos físicos y su forma de actuación.
 - **Desarrollo del juego:** engloba los requisitos que definen características sobre el desarrollo de las distintas actividades y el paso entre ellas.
- **Requisitos no funcionales:** no se refieren directamente a las funciones específicas que entrega el sistema, sino que definen las restricciones del sistema. Estos también se clasifican según el ámbito que se esté tratando:
 - **Hardware:** incluye los requisitos que restringen las características físicas del dispositivo y la comunicación.
 - **Software:** hace referencia a aquellos requisitos que detallan restricciones sobre la aplicación y los frameworks y sistemas empleados.

Para la definición de cada uno de los requisitos se empleará una tabla que poseerá los siguientes atributos:

- **Identificación:** cada requisito posee un identificador que lo diferencia del resto de forma unívoca. Este es de la forma **RF-XX** en el caso de los requisitos funcionales y **RNF-XX** en caso de requisitos no funcionales.
- **Título:** breve resumen de la funcionalidad del requisito.
- **Prioridad:** alta, media o baja. La prioridad indica la preferencia temporal respecto a la realización de un requisito. Primero se realizarán los requisitos con prioridad alta, a continuación los de prioridad media y, por último, los de prioridad baja.
- **Necesidad:** atributo que define la necesidad de implementación de cada requisito. Puede tomar los siguientes valores:
 - **Esencial:** se trata de un requisito fundamental en el desarrollo del producto y que, por lo tanto, no se puede omitir.
 - **Deseable:** se trata de un requisito que se podrían llegar a omitir por la ocurrencia de algún imprevisto durante el desarrollo del producto, ya sea por falta de tiempo o por ahorro en costes.
- **Descripción** detallada de la funcionalidad o restricción.

Una vez definidos todos estos aspectos, es posible identificar la plantilla de requisitos que es mostrada a continuación:

TABLA 4.1: PLANTILLA DE REQUISITOS

RF-XX / RNF-XX			
Título			
Necesidad		Prioridad	
Descripción			

Tabla que se completará con el identificador correspondiente y los valores de los atributos que se han especificado anteriormente.

4.2. Especificación de requisitos

Una vez realizada la descripción de la clasificación de los requisitos y de los atributos de definición de cada uno de ellos, es necesario realizar la especificación de estos. Se detallan a continuación tanto los requisitos funcionales como los requisitos no funcionales, siguiendo los patrones definidos anteriormente.

4.2.1. Requisitos funcionales

APLICACIÓN - CREACIÓN

TABLA 4.2: REQUISITO RF-01

RF-01			
Título	Creación de juegos		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El usuario tiene la capacidad de crear juegos a partir de la introducción de un nombre de juego y una lista de actividades.		

TABLA 4.3: REQUISITO RF-02

RF-02			
Título	Nombre de juego		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Cada actividad deberá tener un nombre definido por el usuario. Este nombre deberá ser de menos de 35 caracteres.		

TABLA 4.4: REQUISITO RF-03

RF-03			
Título	Creación de actividades		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	<p>El usuario tiene la capacidad de crear actividades para añadirlas a un determinado juego. Los tipos de actividades son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interacción - Pregunta - Sonido - Imagen - Memorización - Dibujo - Recuerdos 		

TABLA 4.5: REQUISITO RF-04

RF-04			
Título	Reúso de actividades		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	El usuario tiene la capacidad de añadir, a un determinado juego, actividades ya creadas para otros juegos.		

TABLA 4.6: REQUISITO RF-05

RF-05			
Título	Definición Interacción		
Necesidad	Esencial	Esencial	Alta
Descripción	La actividad de tipo interacción se encuentra formada por una lista de acciones.		

TABLA 4.7: REQUISITO RF-06

RF-06			
Título	Creación de acción		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	<p>El usuario tiene la capacidad de crear acciones para añadirlas a una determinada interacción. Los tipos de acciones son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Botón - Joystick - Rotor 		

TABLA 4.8: REQUISITO RF-07

RF-07			
Título	Creación de Botón		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	La acción de tipo Botón requiere seleccionar el color del botón y el número de veces a pulsar.		

TABLA 4.9: REQUISITO RF-08

RF-08			
Título	Color de botón		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Los colores del Botón son los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> - Verde - Rojo - Amarillo - Azul 		

TABLA 4.10: REQUISITO RF-09

RF-09			
Título	Pulsaciones de botón		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El número de pulsaciones del Botón se encuentra entre 1 y 5, ambos inclusive.		

TABLA 4.11: REQUISITO RF-10

RF-10			
Título	Creación de Joystick		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Media
Descripción	La acción de tipo Joystick requiere seleccionar la dirección del joystick y el número de veces a mover el joystick en esa dirección.		

TABLA 4.12: REQUISITO RF-11

RF-11			
Título	Dirección de Joystick		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Media
Descripción	Las direcciones del Joystick son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> - Arriba - Derecha - Abajo - Izquierda 		

TABLA 4.13: REQUISITO RF-12

RF-12			
Título	Movimientos de Joystick		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Media
Descripción	El número de veces a mover el Joystick se encuentra entre 1 y 5, ambos inclusive.		

TABLA 4.14: REQUISITO RF-13

RF-13			
Título	Creación de Rotor		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	La acción de tipo Rotor requiere seleccionar el ángulo de giro.		

TABLA 4.15: REQUISITO RF-14

RF-14			
Título	Ángulo de rotor		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	Los ángulos del Rotor son los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> - 90 - 180 - 270 - 360 		

TABLA 4.16: REQUISITO RF-15

RF-15			
Título	Definición Pregunta		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	La actividad de tipo Pregunta requiere introducir el texto de la pregunta, el texto de las respuestas posibles y el color de la respuesta correcta (verde, rojo, amarillo o azul).		

TABLA 4.17: REQUISITO RF-16

RF-16			
Título	Texto de pregunta		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El texto de la pregunta tiene como máximo 35 caracteres.		

TABLA 4.18: REQUISITO RF-17

RF-17			
Título	Definición Sonido		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	La actividad de tipo Sonido requiere seleccionar un archivo de sonido, el texto de las respuestas posibles y el color de la respuesta correcta (verde, rojo, amarillo o azul).		

TABLA 4.19: REQUISITO RF-18

RF-18			
Título	Definición Imagen		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	La actividad de tipo Imagen requiere seleccionar un archivo de imagen, el texto de las respuestas posibles y el color de la respuesta correcta (verde, rojo, amarillo o azul).		

TABLA 4.20: REQUISITO RF-19

RF-19			
Título	Respuestas		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Para las actividades de tipo Pregunta, Sonido e Imagen el usuario tendrá la capacidad de introducir las respuestas posibles. Cada una de ellas asociada a un determinado color (verde, rojo, amarillo o azul). Estas serán cuatro campos de texto de 35 caracteres como máximo.		

TABLA 4.21: REQUISITO RF-20

RF-20			
Título	Definición Memorización		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	La actividad de tipo Memorización requiere introducir una frase a memorizar, una pista para adivinar la frase y el número de actividades desde que se muestra la frase a memorizar hasta que se muestra la pista para adivinar la frase. También se debe seleccionar el color de la respuesta correcta (verde, rojo, amarillo o azul), al que se asocia la frase a memorizar, y definir tres respuestas incorrectas asociadas al resto de colores.		

TABLA 4.22: REQUISITO RF-21

RF-21			
Título	Textos de memorización		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	La frase a memorizar, la pista para adivinar la frase y las tres respuestas incorrectas de la actividad de Memorización son cadenas de texto de 35 caracteres como máximo.		

TABLA 4.23: REQUISITO RF-22

RF-22			
Título	Número de actividades de memorización		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	El número de actividades desde que se muestra la frase a memorizar hasta que se muestra la pista para adivinar la frase de la actividad de memorización se encuentra entre 1 y 10.		

TABLA 4.24: REQUISITO RF-23

RF-23			
Título	Definición Dibujo		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	La actividad de tipo Dibujo requiere introducir el texto de la temática sobre la que dibujar. Opcionalmente, se permite introducir un archivo de imagen.		

TABLA 4.25: REQUISITO RF-24

RF-24			
Título	Texto temática dibujo		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	La temática sobre la que dibujar es una cadena de texto de 35 caracteres como máximo.		

TABLA 4.26: REQUISITO RF-25

RF-25			
Título	Definición Recuerdos		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	La actividad de tipo Recuerdos requiere introducir el texto de la temática sobre la que hablar. Opcionalmente, se permite introducir un archivo de imagen.		

TABLA 4.27: REQUISITO RF-26

RF-26			
Título	Texto temática recuerdos		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	La temática sobre la que hablar es una cadena de texto de 35 caracteres como máximo.		

TABLA 4.28: REQUISITO RF-27

RF-27			
Título	Juegos predefinidos: Simón		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	Existirá un juego ya creado con actividades de tipo Interacción.		

TABLA 4.29: REQUISITO RF-28

RF-28			
Título	Juegos predefinidos: Cuestionario de Preguntas		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	Existirá un juego ya creado con actividades de tipo Pregunta.		

TABLA 4.30: REQUISITO RF-29

RF-29			
Título	Juegos predefinidos: Cuestionario de Imágenes		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	Existirá un juego ya creado con actividades de tipo Imagen.		

TABLA 4.31: REQUISITO RF-30

RF-30			
Título	Juegos predefinidos: Cuestionario de Sonidos		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	Existirá un juego ya creado con actividades de tipo Sonido.		

APLICACIÓN - EDICIÓN

TABLA 4.32: REQUISITO RF-31

RF-31			
Título	Cancelación de creación de juego		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El usuario tiene la capacidad de cancelar la creación de un juego.		

TABLA 4.33: REQUISITO RF-32

RF-32			
Título	Cancelación de creación de actividad		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El usuario tiene la capacidad de cancelar la creación de una actividad.		

TABLA 4.34: REQUISITO RF-33

RF-33			
Título	Cancelación de creación de acción		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El usuario tiene la capacidad de cancelar la creación de una acción.		

TABLA 4.35: REQUISITO RF-34

RF-34			
Título	Eliminación de juego		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El usuario tiene la capacidad de eliminar un juego ya creado.		

TABLA 4.36: REQUISITO RF-35

RF-35			
Título	Eliminación de actividad		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El usuario tiene la capacidad de eliminar una actividad de un determinado juego.		

TABLA 4.37: REQUISITO RF-36

RF-36			
Título	Eliminación de acción		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El usuario tiene la capacidad de eliminar una acción de una determinada actividad de tipo Interacción.		

TABLA 4.38: REQUISITO RF-37

RF-37			
Título	Modificación de juego		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Media
Descripción	El usuario tiene la capacidad de modificar el nombre y las actividades de un juego ya creado.		

TABLA 4.39: REQUISITO RF-38

RF-38			
Título	Modificación de actividad		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Media
Descripción	El usuario tiene la capacidad de modificar todos los atributos de una determinada actividad.		

TABLA 4.40: REQUISITO RF-39

RF-39			
Título	Modificación de acción		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Media
Descripción	El usuario tiene la capacidad de modificar los atributos de una acción que pertenece a una actividad de tipo Interacción.		

APLICACIÓN - PERFIL

TABLA 4.41: REQUISITO RF-40

RF-40			
Título	Cantidad de juegos completados		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Media
Descripción	El usuario tiene la capacidad de verificar la cantidad de juegos completados.		

TABLA 4.42: REQUISITO RF-41

RF-41			
Título	Cantidad de actividades completadas		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Media
Descripción	El usuario tiene la capacidad de verificar la cantidad de actividades completadas.		

TABLA 4.43: REQUISITO RF-42

RF-42			
Título	Lista de juegos completados		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Media
Descripción	El usuario tiene la capacidad de visualizar una lista de juegos completados. En esta lista se indicará el número de actividades de cada juego y la fecha de realización.		

TABLA 4.44: REQUISITO RF-43

RF-43			
Título	Lista de actividades completadas		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Media
Descripción	El usuario tiene la capacidad de visualizar una lista con los distintos tipos de actividades y la cantidad de actividades completadas para cada uno de los tipos.		

COMUNICACIÓN

TABLA 4.45: REQUISITO RF-44

RF-44			
Título	Envío de juego		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El usuario tiene la capacidad de seleccionar el comienzo de un determinado juego. Entonces, se establecerá la conexión con el dispositivo físico y se enviará a éste la información de la primera actividad.		

TABLA 4.46: REQUISITO RF-45

RF-45			
Título	Respuesta de dispositivo físico		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Cuando se pulse un botón, el dispositivo físico responderá a la aplicación indicando el botón pulsado.		

TABLA 4.47: REQUISITO RF-46

RF-46			
Título	Envío de actividad		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Cuando se pulse el botón de siguiente o se complete la actividad, la aplicación enviará la siguiente actividad.		

TABLA 4.48: REQUISITO RF-47

RF-47			
Título	Mostrado del estado de juego		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	La aplicación mostrará en todo momento la actividad actual, así como las indicaciones correspondientes para la completitud de la misma.		

DISPOSITIVO – ELEMENTOS FÍSICOS

TABLA 4.49: REQUISITO RF-48

RF-48			
Título	Botón de siguiente		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El dispositivo posee un botón que permite el comienzo de la Interacción y el paso de actividades.		

TABLA 4.50: REQUISITO RF-49

RF-49			
Título	Led de siguiente		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	El dispositivo posee un led que lucirá con cada pulsación del botón de siguiente.		

TABLA 4.51: REQUISITO RF-50

RF-50			
Título	Botón escucha/visualización		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El dispositivo posee un botón que permite visualizar la imagen al pulsarlo en las actividades de tipo Imagen o escuchar el sonido en las actividades de tipo Sonido.		

TABLA 4.52: REQUISITO RF-51

RF-51			
Título	Botones de respuesta		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El dispositivo físico posee cuatro botones de colores (verde, rojo, amarillo o azul) para interactuar en las acciones de las actividades de Interacción y representar las posibles respuestas en otras actividades.		

TABLA 4.53: REQUISITO RF-52

RF-52			
Título	Joystick físico		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Media
Descripción	El dispositivo físico posee cuatro direcciones seleccionables, para interactuar en las acciones de las actividades de Interacción.		

TABLA 4.54: REQUISITO RF-53

RF-53			
Título	Rotor físico		
Necesidad	Deaseable	Prioridad	Baja
Descripción	El dispositivo físico posee un rotor con cuatro ángulos seleccionables, para interactuar en las acciones de las actividades de Interacción.		

TABLA 4.55: REQUISITO RF-54

RF-54			
Título	Leds de botones de respuesta		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El dispositivo posee cuatro leds de colores (verde, rojo, amarillo o azul) asociados a cada uno de los botones de respuesta. Cada vez que se pulse uno de ellos, lucirá el led correspondiente. Para las actividades de Interacción, lucirán para indicar el botón a pulsar.		

TABLA 4.56: REQUISITO RF-55

RF-55			
Título	Leds de joystick		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Media
Descripción	El dispositivo posee cuatro leds asociados a cada una de las direcciones del joystick. Cada vez que se seleccione una de ellas, lucirá el led correspondiente. Para las actividades de Interacción, lucirán para indicar la dirección a seleccionar.		

TABLA 4.57: REQUISITO RF-56

RF-56			
Título	Leds de rotor		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	<p>El dispositivo posee cuatro leds asociados a cada uno de los ángulos del rotor. Cada vez que se seleccione uno de ellos, lucirá el led correspondiente.</p> <p>Para las actividades de Interacción, lucirán para indicar el ángulo a seleccionar.</p>		

DISPOSITIVO – DESARROLLO DEL JUEGO

TABLA 4.58: REQUISITO RF-57

RF-57			
Título	Desarrollo de actividades		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Una vez comenzado el juego, se desarrollarán de una en una cada una de las actividades en el orden de creación.		

TABLA 4.59: REQUISITO RF-58

RF-58			
Título	Comienzo de interacción		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Una vez el dispositivo recibe la información de una interacción, el usuario tendrá la capacidad de indicar el comienzo de la interacción a través de la pulsación del botón de siguiente.		

TABLA 4.60: REQUISITO RF-59

RF-59			
Título	Reproducción de Interacción		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Una vez comenzada la actividad de Interacción, lucirán los leds correspondientes a los botones, joystick y rotor según la secuencia definida mediante las acciones.		

TABLA 4.61: REQUISITO RF-60

RF-60			
Título	Desarrollo de Interacción		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Durante la ejecución de la actividad de Interacción, el usuario tendrá la capacidad de interactuar con los elementos físicos para seguir la secuencia indicada. En caso de error en la secuencia, lucirán de nuevo los leds correspondientes según la secuencia definida. En caso de éxito, se pasará a la siguiente actividad.		

TABLA 4.62: REQUISITO RF-61

RF-61			
Título	Comienzo de Pregunta		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Una vez comenzada la actividad de Pregunta, se muestra en la aplicación el texto de la pregunta y las posibles respuestas asociadas a cada color.		

TABLA 4.63: REQUISITO RF-62

RF-62			
Título	Desarrollo de Pregunta		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Durante la ejecución de la actividad de Pregunta, el usuario tendrá la capacidad de interactuar con los botones de respuesta para marcar la respuesta correcta. Una vez marcada la respuesta, al pulsar el botón de siguiente se comprobará si es la respuesta correcta. En caso de fallo, se indicará el error y se permitirá al usuario seleccionar de nuevo. En caso de acierto, se indicará el éxito y se pasará a la siguiente actividad.		

TABLA 4.64: REQUISITO RF-63

RF-63			
Título	Comienzo de Sonido		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Una vez comenzada la actividad de Sonido, se muestra en la aplicación las posibles respuestas asociadas a cada color.		

TABLA 4.65: REQUISITO RF-64

RF-64			
Título	Escucha de Sonido		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Durante la ejecución de la actividad de Sonido, el usuario tiene la capacidad de pulsar el botón de escucha/visualización para que se reproduzca el sonido a través del dispositivo móvil.		

TABLA 4.66: REQUISITO RF-65

RF-65			
Título	Desarrollo de Sonido		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Durante la ejecución de la actividad de Sonido, el usuario tendrá la capacidad de interactuar con los botones de respuesta para seleccionar la respuesta correcta. En caso de fallo, se indicará el error y se permitirá al usuario seleccionar de nuevo. En caso de acierto, se indicará el éxito y se pasará a la siguiente actividad.		

TABLA 4.67: REQUISITO RF-66

RF-66			
Título	Comienzo de Imagen		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Una vez comenzada la actividad de Imagen, se muestra en la aplicación las posibles respuestas asociadas a cada color.		

TABLA 4.68: REQUISITO RF-67

RF-67			
Título	Visualización de Imagen		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Durante la ejecución de la actividad de Imagen, el usuario tiene la capacidad de pulsar el botón de escucha/visualización para que se visualice la imagen a través del dispositivo móvil.		

TABLA 4.69: REQUISITO RF-68

RF-68			
Título	Desarrollo de Imagen		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Durante la ejecución de la actividad de Imagen, el usuario tendrá la capacidad de interactuar con los botones de respuesta para seleccionar la respuesta correcta. En caso de fallo, se indicará el error y se permitirá al usuario seleccionar de nuevo. En caso de acierto, se indicará el éxito y se pasará a la siguiente actividad.		

TABLA 4.70: REQUISITO RF-69

RF-69			
Título	Comienzo de Memorización		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Una vez comenzada la actividad de Memorización, se muestra en la aplicación el texto de la frase a memorizar.		

TABLA 4.71: REQUISITO RF-70

RF-70			
Título	Comienzo de recuerdo de Memorización		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Una vez se desarrolle el número de actividades entre memorización y recuerdo indicadas en la actividad de Memorización, se muestra en la aplicación la pista para adivinar la frase y las posibles respuestas asociadas a cada color.		

TABLA 4.72: REQUISITO RF-71

RF-71			
Título	Desarrollo de recuerdo de Memorización		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Durante la ejecución del recuerdo de Memorización, el usuario tendrá la capacidad de interactuar con los botones de respuesta para seleccionar la respuesta correcta. En caso de fallo, se indicará el error y se permitirá al usuario seleccionar de nuevo. En caso de acierto, se indicará el éxito y se pasará a la siguiente actividad.		

TABLA 4.73: REQUISITO RF-72

RF-72			
Título	Comienzo de Dibujo		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	Una vez comenzada la actividad de Dibujo, se muestra en la aplicación la temática sobre la que dibujar y la imagen en caso de que corresponda.		

TABLA 4.74: REQUISITO RF-73

RF-73			
Título	Comienzo de Recuerdos		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	Una vez comenzada la actividad de Recuerdos, se muestra en la aplicación la temática sobre la que hablar y la imagen en caso de que corresponda.		

TABLA 4.75: REQUISITO RF-74

RF-74			
Título	Finalización de Juego		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Una vez completadas todas las actividades de un determinado juego, la aplicación indicará el éxito en la completitud del juego.		

TABLA 4.76: REQUISITO RF-75

RF-75			
Título	Reproducción de sonidos de botones de respuesta		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Cada botón de respuesta tendrá asociado un sonido correspondiente		

TABLA 4.77: REQUISITO RF-76

RF-76			
Título	Reproducción de sonido de fallo		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Se reproducirá un sonido de fallo cuando el usuario seleccione un botón incorrecto en la Interacción o seleccione una respuesta incorrecta en otras actividades.		

TABLA 4.78: REQUISITO RF-77

RF-77			
Título	Reproducción de sonido de acierto		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Se reproducirá un sonido de acierto cuando el usuario finalice la reproducción de la Interacción de forma adecuada o seleccione una respuesta correcta en otras actividades.		

TABLA 4.79: REQUISITO RF-78

RF-78			
Título	Reproducción de sonido de victoria		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Se reproducirá un sonido de victoria cuando el usuario finalice todas las actividades.		

4.2.2. Requisitos no funcionales

HARDWARE

TABLA 4.80: REQUISITO RNF-01

RNF-01			
Título	Dispositivo físico		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El dispositivo físico empleado es Arduino Uno.		

TABLA 4.81: REQUISITO RNF-02

RNF-02			
Título	Hardware elementos físicos		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El dispositivo físico emplea la plataforma Tinkercat para la conexión de los elementos físicos (botones, joystick, rotor).		

TABLA 4.82: REQUISITO RNF-03

RNF-03			
Título	Elementos físicos		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El dispositivo físico se conecta con seis botones, un joystick y un rotor.		

TABLA 4.83: REQUISITO RNF-04

RNF-04			
Título	Hardware comunicación		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El dispositivo físico emplea un módulo Bluetooth BLE HC-08 para la comunicación con la aplicación.		

TABLA 4.84: REQUISITO RNF-05

RNF-05			
Título	Protocolo comunicación		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	La aplicación y el dispositivo físico se comunicarán utilizando Bluetooth Low Energy.		

TABLA 4.85: REQUISITO RNF-06

RNF-06			
Título	Carcasa dispositivo físico		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El dispositivo físico se encuentra en una carcasa que permite extraer al exterior los elementos físicos y ocultar las conexiones.		

TABLA 4.86: REQUISITO RNF-07

RNF-07			
Título	Alimentación		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El dispositivo físico será alimentado mediante un cable USB conectado a una batería extraíble.		

SOFTWARE

TABLA 4.87: REQUISITO RNF-08

RNF-08			
Título	Framework aplicación		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El framework a utilizar para el desarrollo de la aplicación del dispositivo móvil es Ionic 3 con Apache Cordova.		

TABLA 4.88: REQUISITO RNF-09

RNF-09			
Título	Plataforma aplicación		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	La aplicación a desarrollar es multiplataforma. Se podrá ejecutar en Android, iOS y Windows Phone.		

TABLA 4.89: REQUISITO RNF-10

RNF-10			
Título	Almacenamiento aplicación		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Se empleará el módulo Storage de Ionic para el almacenamiento persistente en la aplicación.		

TABLA 4.90: REQUISITO RNF-11

RNF-11			
Título	Comunicación aplicación		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Se empleará el módulo BLE de Ionic para la comunicación con el dispositivo físico.		

TABLA 4.91: REQUISITO RNF-12

RNF-12			
Título	IDE dispositivo físico		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	El IDE a utilizar para el desarrollo del software del dispositivo físico es Arduino CC.		

TABLA 4.92: REQUISITO RNF-13

RNF-13			
Título	Comunicación dispositivo físico		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Se empleará la librería SoftwareSerial de Arduino para la comunicación con la aplicación del dispositivo móvil.		

TABLA 4.93: REQUISITO RNF-14

RNF-14			
Título	Software elementos físicos		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Se empleará la librería TinkerKit de Arduino para la programación de los elementos físicos (botones, joystick, rotor).		

4.3. Modificación de requisitos

Durante el desarrollo del proyecto, se llevaron a cabo diversas reuniones con el tutor y, en una de ellas, se formalizó una reunión con un educador del Colegio de Educación Especial Sor Juana Inés de la Cruz de Fuenlabrada. En estas reuniones se especificó la modificación de ciertas características del proyecto. Éstas se encuentran detalladas en el apartado **5.1.2. Diseño final**.

Debido a ello, es necesaria la modificación de la especificación de requisitos para incluir las nuevas funcionalidades. Ciertos requisitos son modificados, otros cancelados y otros nuevos son añadidos.

La inclusión de nuevos requisitos se realiza mediante la misma plantilla empleada para el resto de los requisitos y continuando la numeración. Sin embargo, las indicaciones de modificación y cancelación se realizan mediante la inclusión de la palabra modificado o cancelado entre paréntesis junto al identificador del requisito. Las plantillas son las siguientes:

TABLA 4.94: PLANTILLA DE REQUISITOS MODIFICADO

RF-XX / RNF-XX (<i>MODIFICADO</i>)			
Título			
Necesidad		Prioridad	
Descripción			

TABLA 4.95: PLANTILLA DE REQUISITOS CANCELADOS

RF-XX / RNF-XX (<i>CANCELADO</i>)			
Título			
Necesidad		Prioridad	
Descripción			

Tablas que se completarán con el identificador correspondiente y los valores de los atributos que se han especificado anteriormente.

A continuación, se detalla la especificación de estos requisitos:

TABLA 4.96: REQUISITO RF-03 (MODIFICADO)

RF-03 (<i>MODIFICADO</i>)			
Título	Creación de actividades		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	<p>El usuario tiene la capacidad de crear actividades para añadirlas a un determinado juego. Los tipos de actividades son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interacción - Pregunta - Memorización - Dibujo - Recuerdos 		

TABLA 4.97: REQUISITO RF-15 (MODIFICADO)

RF-15 (<i>MODIFICADO</i>)			
Título	Definición Pregunta		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	<p>La actividad de tipo Pregunta permite introducir texto, imagen y sonido para la pregunta (al menos uno); las respuestas posibles, y el color de la respuesta correcta (verde, rojo, amarillo o azul).</p>		

TABLA 4.98: REQUISITO RF-17 (CANCELADO)

RF-17 (<i>CANCELADO</i>)			
Título	Definición Sonido		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	<p>La actividad de tipo Sonido requiere seleccionar un archivo de sonido, el texto de las respuestas posibles y el color de la respuesta correcta (verde, rojo, amarillo o azul).</p>		

TABLA 4.99: REQUISITO RF-18 (CANCELADO)

RF-18 (<i>CANCELADO</i>)			
Título	Definición Imagen		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	<p>La actividad de tipo Imagen requiere seleccionar un archivo de imagen, el texto de las respuestas posibles y el color de la respuesta correcta (verde, rojo, amarillo o azul).</p>		

TABLA 4.100: REQUISITO RF-19 (MODIFICADO)

RF-19 (<i>MODIFICADO</i>)			
Título	Respuestas		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Para las actividades de tipo Pregunta y Memorización el usuario tendrá la capacidad de introducir las respuestas posibles. Éstas podrán constar de texto, imagen o sonido (al menos uno). Cada una de las respuestas se encuentra asociada a un determinado color (verde, rojo, amarillo o azul).		

TABLA 4.101: REQUISITO RF-20 (MODIFICADO)

RF-20 (<i>MODIFICADO</i>)			
Título	Definición Memorización		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	La actividad de tipo Memorización requiere introducir los elementos a memorizar: texto, imagen o sonido (al menos uno), las pistas para adivinar: texto, imagen o sonido (al menos uno), y el número de actividades desde que se muestra la frase a memorizar hasta que se muestra la pista para adivinar la frase. También se debe seleccionar el color de la respuesta correcta (verde, rojo, amarillo o azul), al que se asocian los elementos a memorizar, y definir tres respuestas incorrectas asociadas al resto de colores.		

TABLA 4.102: REQUISITO RF-23 (MODIFICADO)

RF-23 (<i>MODIFICADO</i>)			
Título	Definición Dibujo		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	La actividad de tipo Dibujo permite introducir el texto de la temática sobre la que dibujar, un archivo de imagen y un archivo de sonido. Se deberá introducir al menos uno de ellos.		

TABLA 4.103: REQUISITO RF-25 (MODIFICADO)

RF-25 (<i>MODIFICADO</i>)			
Título	Definición Recuerdos		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	La actividad de tipo Recuerdos requiere introducir el texto de la temática sobre la que hablar, un archivo de imagen y un archivo de sonido. Se deberá introducir al menos uno de ellos.		

TABLA 4.104: REQUISITO RF-79

RF-79			
Título	Reproducción de sonido		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Durante la ejecución de las actividades (a excepción de la de interacción), el usuario tendrá la capacidad de interactuar con el botón de escucha/visualización para reproducir el sonido (si lo posee).		

TABLA 4.105: REQUISITO RF-80

RF-80			
Título	Visualización de imagen		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Durante la ejecución de las actividades (a excepción de la de interacción), el usuario tendrá la capacidad de interactuar con el botón de escucha/visualización para visualizar la imagen (si la posee).		

TABLA 4.106: REQUISITO RF-61 (MODIFICADO)

RF-61 (<i>MODIFICADO</i>)			
Título	Comienzo de Pregunta		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	Una vez comenzada la actividad de Pregunta, se muestra en la aplicación el texto de la pregunta (si lo posee) y las posibles respuestas de texto asociadas a cada color (si las posee).		

TABLA 4.107: REQUISITO RF-62 (MODIFICADO)

RF-62 (<i>MODIFICADO</i>)			
Título	Desarrollo de Pregunta		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Alta
Descripción	<p>Durante la ejecución de la actividad de Pregunta, el usuario podrá interactuar con los botones de respuesta para marcar la respuesta correcta. Al marcar la respuesta, se reproducirá el sonido y/o se mostrará la imagen asociados a esa respuesta.</p> <p>Al pulsar el botón de siguiente se pasará a la siguiente actividad, excepto si se encuentra marcada una respuesta. Entonces, se comprobará si es la respuesta correcta.</p> <p>En caso de fallo, se indicará el error y se permitirá al usuario seleccionar de nuevo. En caso de acierto, se indicará el éxito y se pasará a la siguiente actividad.</p>		

TABLA 4.108: REQUISITO RF-63 (CANCELADO)

RF-63 (<i>CANCELADO</i>)			
Título	Comienzo de Sonido		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Una vez comenzada la actividad de Sonido, se muestra en la aplicación las posibles respuestas asociadas a cada color.		

TABLA 4.109: REQUISITO RF-64 (CANCELADO)

RF-64 (<i>CANCELADO</i>)			
Título	Escucha de Sonido		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Durante la ejecución de la actividad de Sonido, el usuario tiene la capacidad de pulsar el botón de escucha/visualización para que se reproduzca el sonido a través del dispositivo móvil.		

TABLA 4.110: REQUISITO RF-65 (CANCELADO)

RF-65 (<i>CANCELADO</i>)			
Título	Desarrollo de Sonido		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Durante la ejecución de la actividad de Sonido, el usuario tendrá la capacidad de interactuar con los botones de respuesta para seleccionar la respuesta correcta. En caso de fallo, se indicará el error y se permitirá al usuario seleccionar de nuevo. En caso de acierto, se indicará el éxito y se pasará a la siguiente actividad.		

TABLA 4.111: REQUISITO RF-66 (CANCELADO)

RF-66 (<i>CANCELADO</i>)			
Título	Comienzo de Imagen		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Una vez comenzada la actividad de Imagen, se muestra en la aplicación las posibles respuestas asociadas a cada color.		

TABLA 4.112: REQUISITO RF-67 (CANCELADO)

RF-67 (<i>CANCELADO</i>)			
Título	Visualización de Imagen		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Durante la ejecución de la actividad de Imagen, el usuario tiene la capacidad de pulsar el botón de escucha/visualización para que se visualice la imagen a través del dispositivo móvil.		

TABLA 4.113: REQUISITO RF-68 (CANCELADO)

RF-68 (<i>CANCELADO</i>)			
Título	Desarrollo de Imagen		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Durante la ejecución de la actividad de Imagen, el usuario tendrá la capacidad de interactuar con los botones de respuesta para seleccionar la respuesta correcta. En caso de fallo, se indicará el error y se permitirá al usuario seleccionar de nuevo. En caso de acierto, se indicará el éxito y se pasará a la siguiente actividad.		

TABLA 4.114: REQUISITO RF-69 (MODIFICADO)

RF-69 (<i>MODIFICADO</i>)			
Título	Comienzo de Memorización		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Una vez comenzada la actividad de Memorización, se muestra en la aplicación el texto a memorizar.		

TABLA 4.115: REQUISITO RF-70 (MODIFICADO)

RF-70 (<i>MODIFICADO</i>)			
Título	Comienzo de adivinanza de Memorización		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	Una vez se desarrolle el número de actividades entre memorización y adivinanza indicadas en la actividad de Memorización, se muestra en la aplicación la pista de texto para adivinar la frase y las posibles respuestas de texto asociadas a cada color.		

TABLA 4.116: REQUISITO RF-71 (MODIFICADO)

RF-71 (<i>MODIFICADO</i>)			
Título	Desarrollo de adivinanza de Memorización		
Necesidad	Esencial	Prioridad	Media
Descripción	<p>Durante la ejecución de la adivinanza de Memorización, el usuario podrá interactuar con los botones de respuesta para marcar la respuesta correcta. Al marcar la respuesta, se reproducirá el sonido y/o se mostrará la imagen asociados a esa respuesta.</p> <p>Al pulsar el botón de siguiente se pasará a la siguiente actividad, excepto si se encuentra marcada una respuesta. Entonces, se comprobará si es la respuesta correcta.</p> <p>En caso de fallo, se indicará el error y se permitirá al usuario seleccionar de nuevo. En caso de acierto, se indicará el éxito y se pasará a la siguiente actividad.</p>		

TABLA 4.117: REQUISITO RF-72 (MODIFICADO)

RF-72 (<i>MODIFICADO</i>)			
Título	Comienzo de Dibujo		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	Una vez comenzada la actividad de Dibujo, se muestra en la aplicación el texto de la temática sobre la que dibujar.		

TABLA 4.118: REQUISITO RF-73 (MODIFICADO)

RF-73 (<i>MODIFICADO</i>)			
Título	Comienzo de Recuerdos		
Necesidad	Deseable	Prioridad	Baja
Descripción	Una vez comenzada la actividad de Recuerdos, se muestra en la aplicación el texto de la temática sobre la que hablar.		

5

DISEÑO

5.1. Diseño de la aplicación

El apartado actual se encuentra destinado a la especificación del diseño de la aplicación móvil a desarrollar. Para ello se especifica un prototipo interactivo de alta fidelidad y se detallan otras cuestiones de diseño como el logo de la aplicación, los efectos sonoros o los pictogramas que se emplean en ella.

Para el diseño visual de la aplicación en su conjunto, se han seguido los patrones de diseño Material Design (Google LLC, 2018). También se ha empleado este modelo para la especificación de la paleta de colores de la aplicación. Se ha decidido emplear una paleta de tonos en color azul por su relación con la sabiduría, la confianza y la inteligencia.

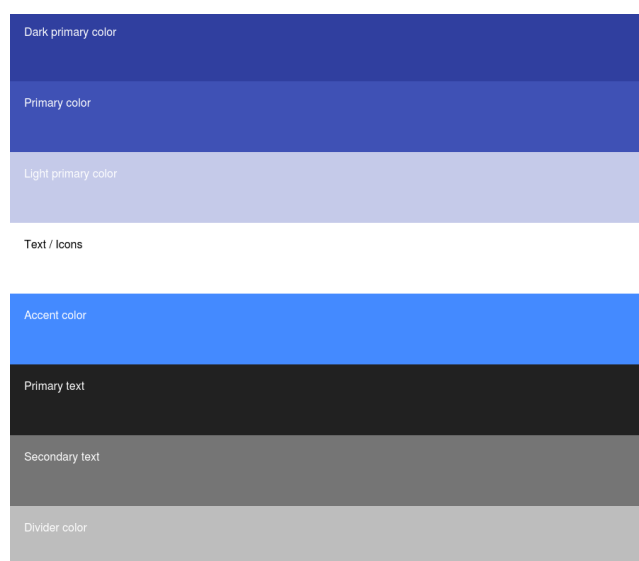


Ilustración 5.1: Paleta de colores (Material Palette, 2018)

5.1.1. Prototipo

A continuación, se presenta el prototipo de la aplicación móvil. Se trata de un modelo interactivo de alta fidelidad que se ha diseñado con el programa de prototipado Axure RP (Axure Software Solutions, 2018). Este diseño representa de forma precisa la aplicación y permite la navegabilidad entre las distintas páginas para facilitar en gran medida la posterior implementación. El lenguaje empleado para el diseño del prototipo ha sido el inglés, para contribuir a la internacionalización y que el alcance sea mayor.

Sin embargo, ciertos factores del diseño pueden no coincidir con los de la versión final, como por ejemplo los colores o los iconos empleados.

A continuación, se incluye la explicación del prototipo diseñado junto a las imágenes del mismo. Para facilitar su comprensión se ha realizado una división por apartados según la temática.

Creación

En primer lugar, se presenta la pantalla principal. En ella se muestra en la parte inferior un menú de navegación que permite elegir entre tres secciones diferentes: mis juegos, juegos clásicos y perfil. En la parte superior, se incluye una barra con el nombre de la aplicación.

En la sección de mis juegos, se muestra la lista de juegos creados y el botón para crear un nuevo juego. En caso de que aún no se hayan creado juegos, se muestra un mensaje que indica cómo añadir un nuevo juego.

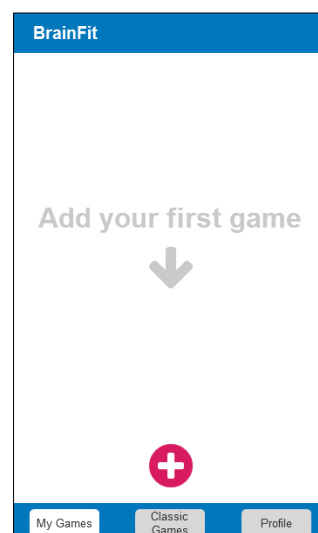


Ilustración 5.2: Pantalla principal

Al seleccionar el botón de creación de juego, se muestra una nueva pantalla con un campo de texto para introducir el nombre del juego, una lista de actividades y un botón para añadir nuevas actividades. Puesto que aún no se ha añadido ninguna actividad, la lista de actividades se encuentra vacía.

Al pulsar el botón de adición de actividades, se permitirá elegir entre la creación de una nueva actividad o la adición de uno ya existente. Si se escoge la adición de un juego ya existente se desplegará una lista con todas las actividades creadas por el usuario. Al escoger una actividad, ésta será añadida a la lista de actividades del juego. Sin embargo, si se selecciona la creación de un juego nuevo, se permitirá la selección de la categoría de la actividad.

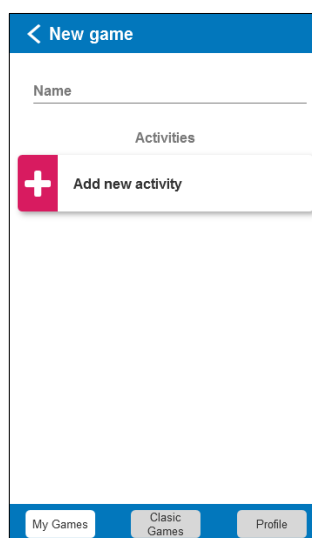


Ilustración 5.3: Pantalla nuevo juego

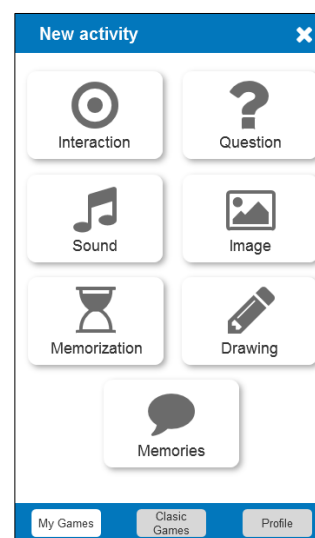


Ilustración 5.4: Pantalla categoría de actividad

Si se elige la categoría de interacción, se muestra una lista de acciones, que en un comienzo se encuentra vacía, y un botón para añadir una nueva acción. Al crear una nueva acción se permite la elección del tipo de acción (botón, joystick o rotor).

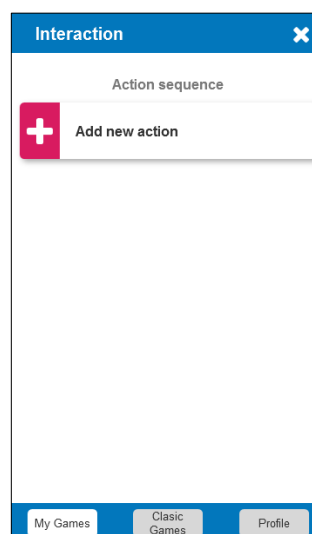


Ilustración 5.5: Pantalla nueva interacción

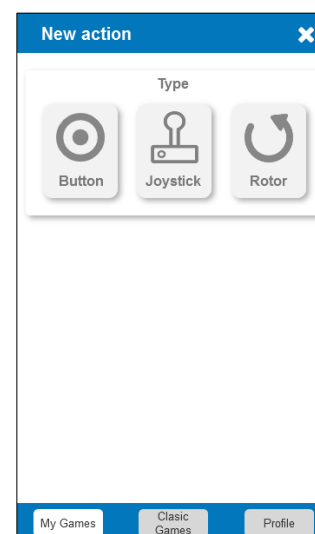


Ilustración 5.6: Pantalla nueva acción

Si la acción es de tipo botón, se permitirá seleccionar el color del botón y el número de veces a pulsar. Si es de tipo joystick, se podrá seleccionar la dirección en la que se debe mover y el número de veces a mover. Si es de tipo rotor, se podrá seleccionar el ángulo a girar.

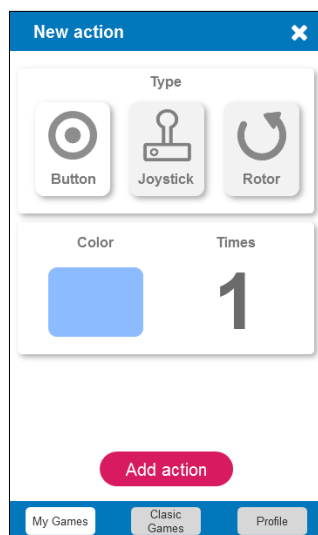


Ilustración 5.8: Pantalla nuevo botón

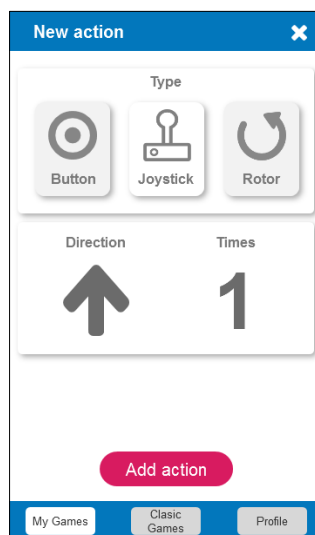


Ilustración 5.7: Pantalla nuevo joystick

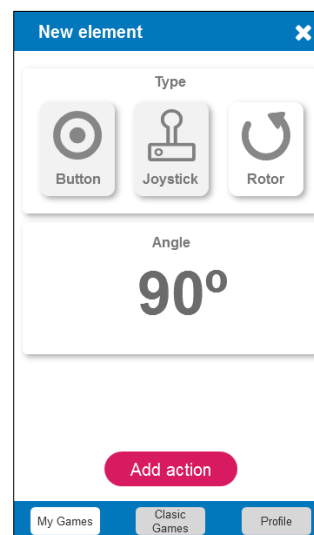


Ilustración 5.9: Pantalla nuevo rotor

Una vez completados los campos requeridos, se pulsará el botón de añadir acción y ésta se añadirá a la lista de acciones. Después de añadir las acciones deseadas, se pulsará el botón del tick para crear la interacción actual, añadirla a la lista de actividades del juego y volver a la pantalla de creación del juego.

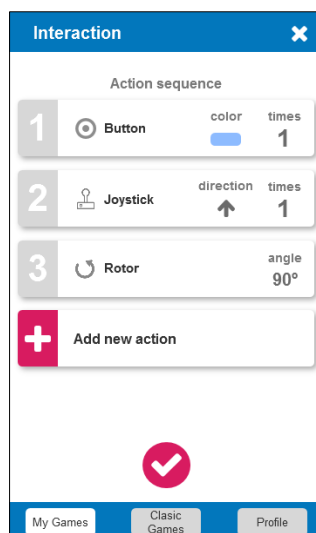


Ilustración 5.10: Pantalla nueva interacción con acciones

En caso de que la actividad sea de tipo pregunta, sonido o imagen, será necesario seleccionar la pregunta (texto, imagen o sonido), introducir el texto de cada una de las respuestas y seleccionar el color de la respuesta correcta. Además, se permitirá visualizar la imagen o reproducir el sonido según corresponda y cambiarlos, con la pulsación del botón correspondiente.

Al igual que con las interacciones, será posible añadir la actividad a la lista de actividades del juego pulsando el botón del tick.

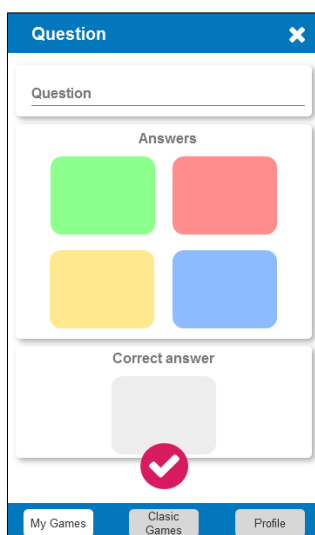


Ilustración 5.11: Pantalla nueva pregunta

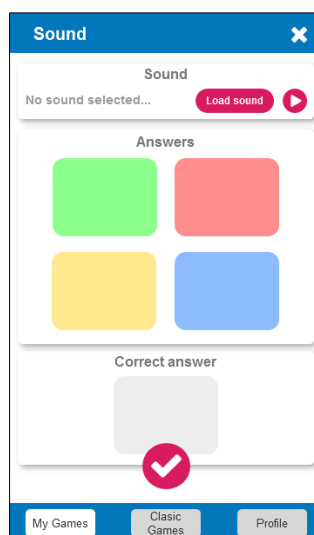


Ilustración 5.12: Pantalla nuevo sonido

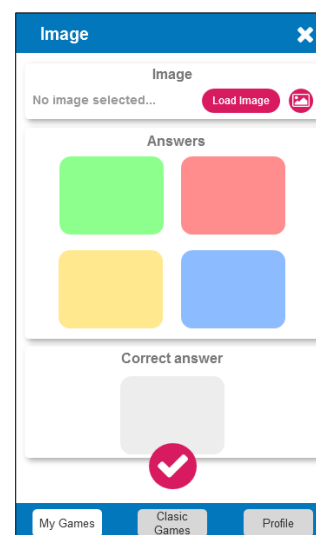


Ilustración 5.13: Pantalla nueva imagen

En cuanto a la actividad de memorización, se permitirá la introducción de la frase a memorizar, la pista para adivinar, el número de actividades entre memorización y adivinanza y el color de la respuesta correcta. Al hacer esto, se rellenará la respuesta del color seleccionado con la frase a memorizar y será necesario rellenar el resto de las actividades incorrectas con el texto deseado.

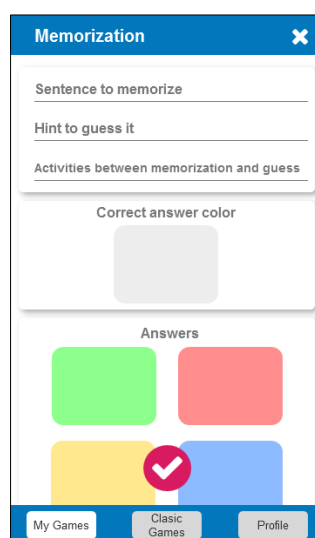


Ilustración 5.14: Pantalla nueva memorización

Si las categorías seleccionadas son las de memorización y dibujo, será necesario introducir el texto correspondiente. De forma opcional, se podrá seleccionar una imagen, modificarla y visualizarla.

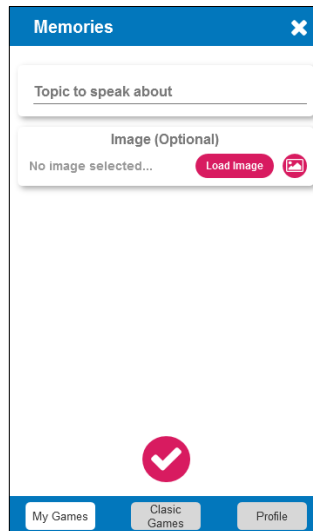


Ilustración 5.15: Pantalla nuevo recuerdo

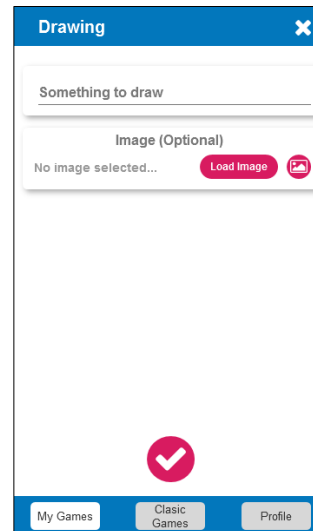


Ilustración 5.16: Pantalla nuevo dibujo

En la pantalla de creación del juego, una vez que se han añadido el nombre del juego y las actividades deseadas, se podrá seleccionar el botón de creación de juego. Entonces, se volverá a la pantalla principal y se mostrará el juego en la lista de juegos creados.

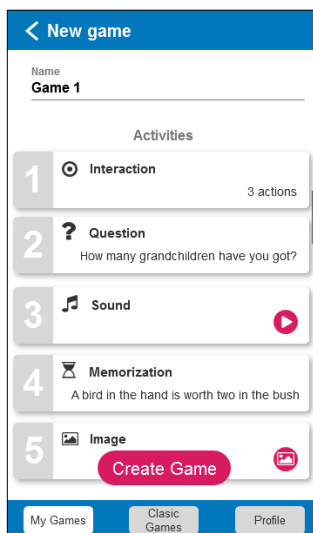


Ilustración 5.17: Pantalla nuevo juego con actividades (1)

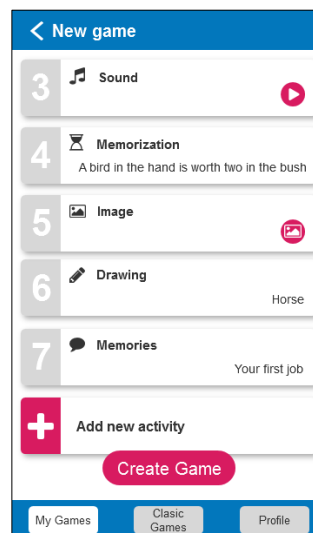


Ilustración 5.18: Pantalla nuevo juego con actividades (2)

En cuanto a la cancelación de la creación de los distintos elementos, se permitirá tanto el descarte de la actividad actual, para volver a la creación del juego, como descartar el juego completo, para volver al menú principal. Para ello, se seleccionarán los botones correspondientes de descarte y se mostrará un mensaje para confirmar este hecho.

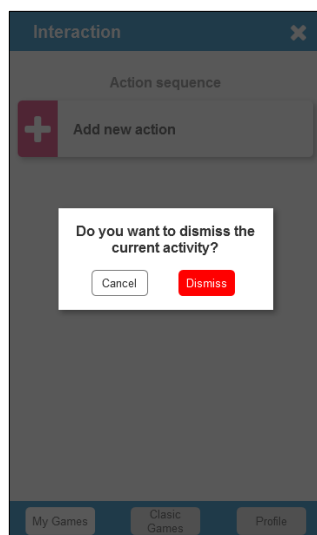


Ilustración 5.19: Pantalla descarte actividad

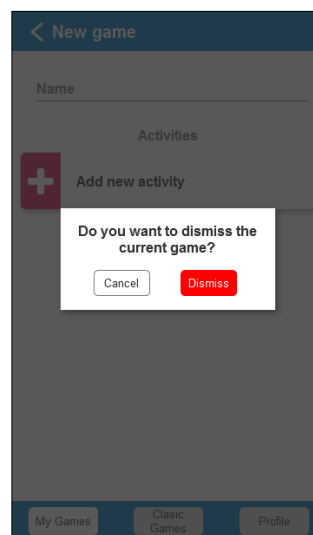


Ilustración 5.20: Pantalla descarte juego

Visualización

Una vez creada una serie de juegos, es posible visualizarlos en la pantalla principal. Se mostrará su nombre junto al número de actividades que posee. Si se selecciona uno de ellos, es posible visualizar la pantalla del juego. En ella, se muestra la misma información anterior junto a una opción de selección de visualización de actividades.

Por defecto, no se muestran las actividades que forman el juego. Esto permite evitar que la persona que jugará visualice las actividades antes de jugar.

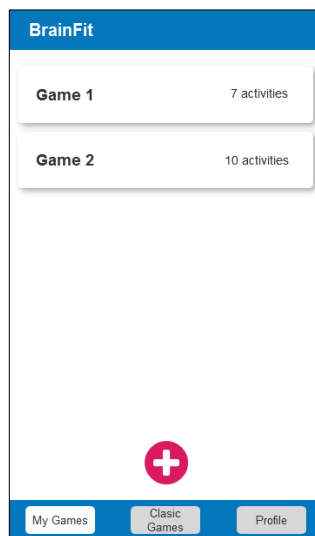


Ilustración 5.21: Pantalla principal con juegos

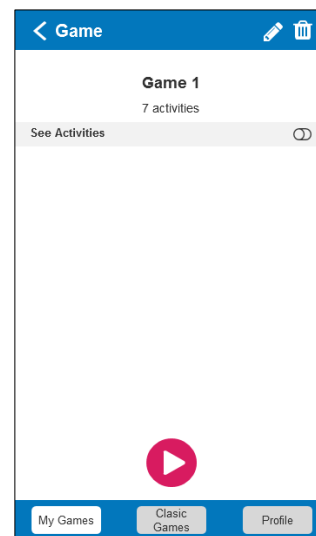


Ilustración 5.22: Pantalla juego sin actividades visibles

Si se selecciona la opción de visualización de actividades, se desplegará la lista de actividades que forman el juego. Para cada una de ellas, se muestra su posición en la lista, su categoría e información relevante, dependiendo del tipo de actividad.

Si se selecciona una de las actividades se mostrará su información, si se selecciona el botón de play comenzará la ejecución del juego y mediante los iconos de la barra superior es posible eliminar el juego o editarlo.

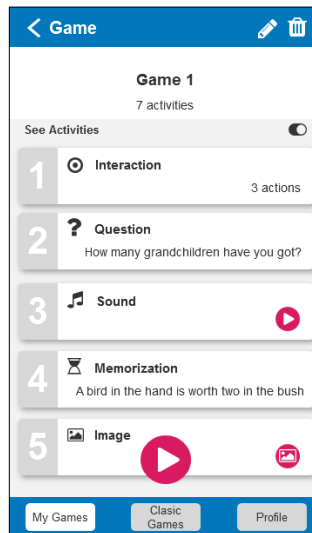


Ilustración 5.23: Pantalla juego con actividades visibles (1)

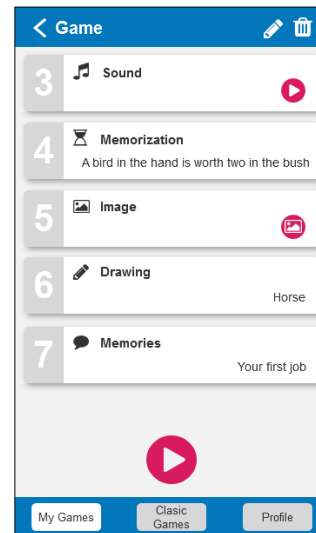


Ilustración 5.24: Pantalla juego con actividades visibles (2)

Al seleccionar una actividad de tipo interacción, será posible visualizar la lista de acciones que la componen. Para cada acción se indicará su posición de reproducción, la categoría de la acción, y la información correspondiente a la acción según la categoría.

Mediante los botones de la barra superior es posible editar la interacción o eliminarla.

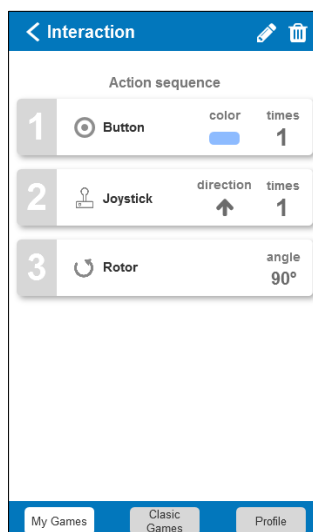


Ilustración 5.25: Pantalla interacción

Del mismo modo, en las actividades de tipo pregunta, sonido e imagen, se podrá visualizar la información de la pregunta según la categoría, el texto de las respuestas posibles y el color de la respuesta correcta. En el caso de la actividad de sonido será posible reproducir el sonido y en la actividad de imagen visualizar la imagen a través del botón correspondiente.

Mediante los dos botones de la barra superior será posible editar la actividad o eliminarla.

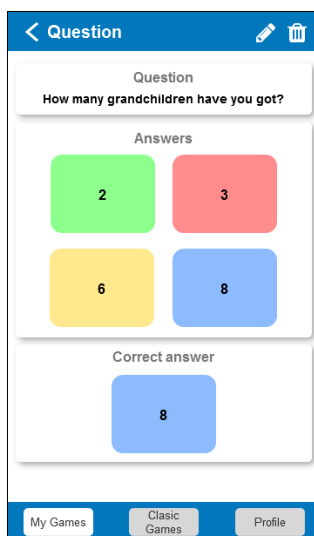


Ilustración 5.27: Pantalla pregunta

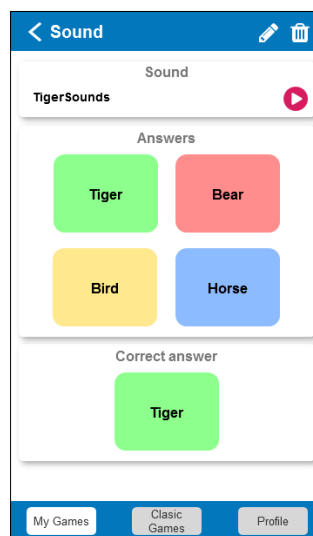


Ilustración 5.28: Pantalla sonido

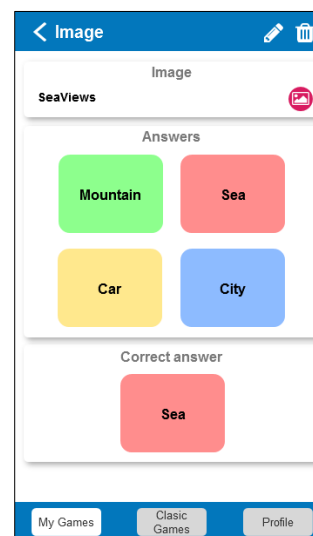


Ilustración 5.29: Pantalla imagen

Al igual que en las actividades anteriores, se podrá visualizar la información correspondiente de las actividades de memorización, recuerdos y dibujo. Además, si las actividades de memorización o dibujo poseen imagen, será posible seleccionar el botón correspondiente para visualizarla.

También será posible editar o eliminar la actividad mediante los botones de la parte superior.

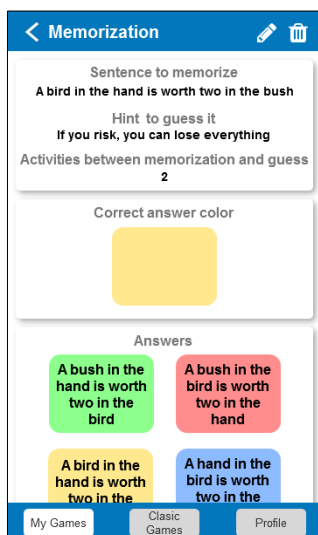


Ilustración 5.31: Pantalla memorización

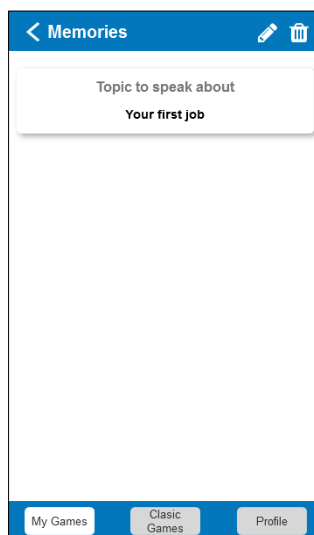


Ilustración 5.30: Pantalla recuerdos

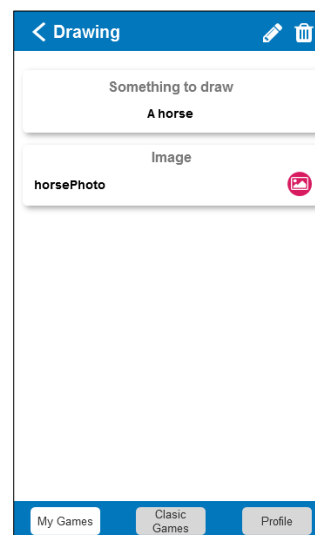


Ilustración 5.32: Pantalla dibujo

Edición

En la pantalla de visualización de un juego, si se selecciona la opción de eliminación, se mostrará una ventana de confirmación. En caso de aceptación, el juego será eliminado y se volverá a la pantalla principal. En caso contrario, se volverá a esta pantalla del juego. En cambio, si se selecciona la opción de edición, se añadirá un icono de eliminación para cada una de las actividades y se incorporará el botón de adición de nuevas actividades. Si se selecciona alguna de las actividades, se entrará en el modo de edición de esa actividad.

Mediante la selección del botón inferior de guardado, se podrán guardar todos los cambios realizados. Si se sale sin pulsar este botón, los cambios serán descartados.

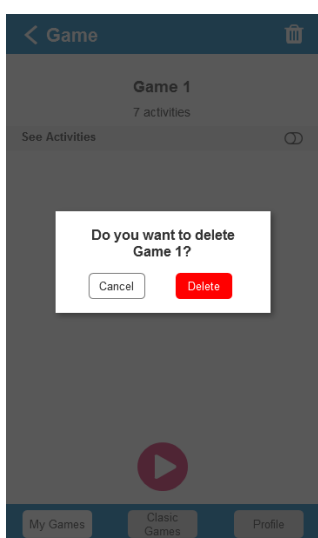


Ilustración 5.33: Pantalla eliminación juego

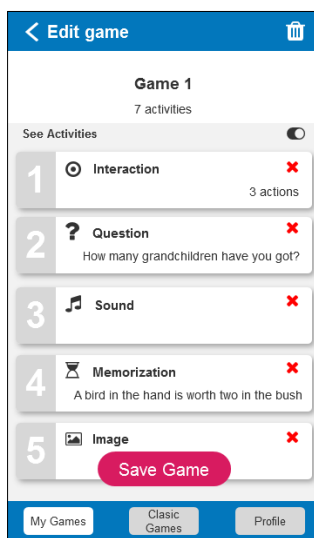


Ilustración 5.34: Pantalla edición juego (1)

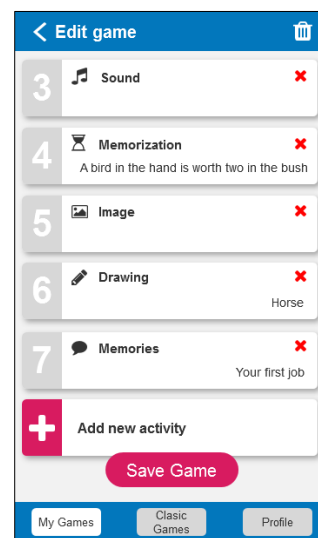


Ilustración 5.35: Pantalla edición juego (2)

Tanto para la salida sin guardar los cambios de edición como para la eliminación de una actividad será necesaria la confirmación previa.

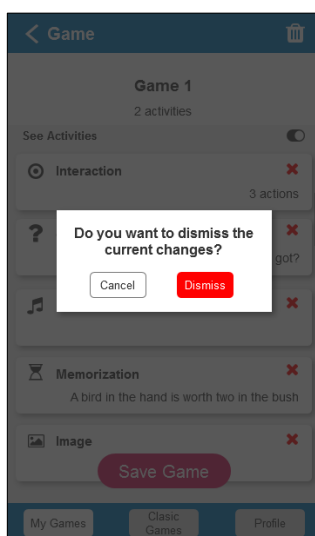


Ilustración 5.36: Pantalla descarte edición juego

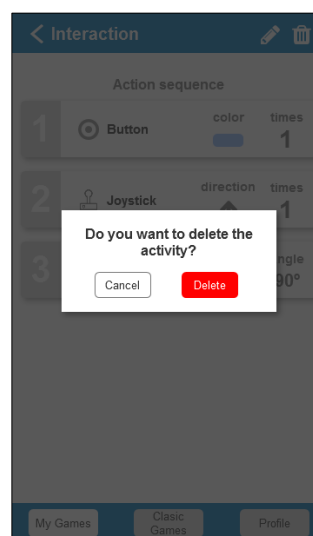


Ilustración 5.37: Pantalla eliminación actividad

Si se entra en la pantalla de edición de interacción se incorporará el botón para añadir nuevas acciones y será posible acceder a la edición de cada una de las acciones mediante su selección. En el modo de edición de la acción, será posible modificar toda su información.

Mediante los botones de guardar acción y guardar interacción será posible salvar los cambios realizados. En caso de salir sin la pulsación de estos botones, los cambios serán descartados.

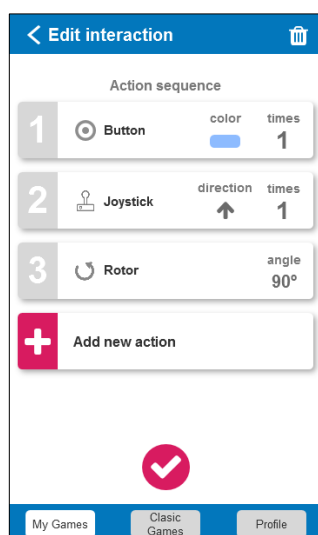


Ilustración 5.38: Pantalla edición

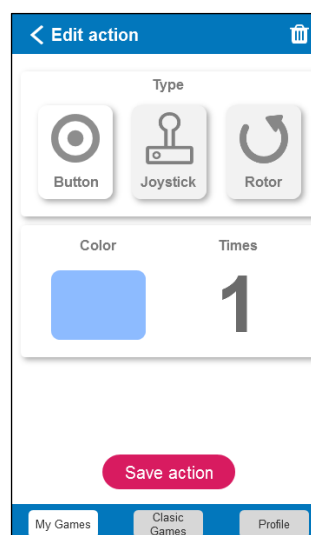


Ilustración 5.39: Pantalla edición acción

En el modo de edición de las actividades de pregunta, sonido e imagen, se mostrará la misma información que en la pantalla de visualización. Sin embargo, en este caso será posible seleccionar cada uno de los campos y modificar su contenido. En el caso de las actividades de sonido e imagen, se podrá cargar un nuevo archivo de sonido o de imagen, respectivamente.

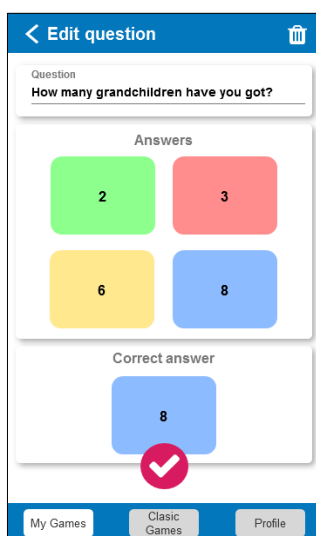


Ilustración 5.41: Pantalla edición pregunta

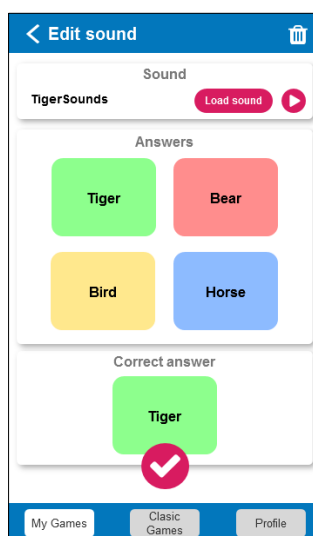


Ilustración 5.40: Pantalla edición sonido

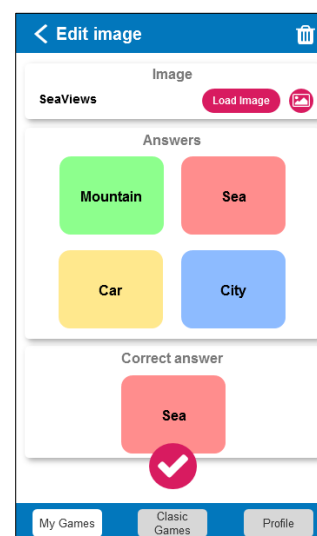


Ilustración 5.42: Pantalla edición imagen

En el resto de actividades, sucederá lo mismo. Se mostrará la misma información de sus pantallas de visualización, se podrá modificar ésta y será posible añadir un nuevo archivo de imagen en caso de que corresponda.

En el caso de la actividad de memorización, el único campo que no será modificable será el de la respuesta del color elegido como correcto, ya que a esta respuesta se asocia directamente la frase a memorizar.

Mediante la pulsación del botón circular del tick será posible guardar los cambios realizados. Si se sale sin su pulsación, los cambios serán descartados.

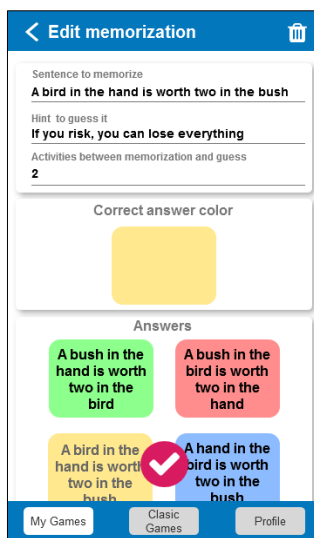


Ilustración 5.44: Pantalla edición memorización

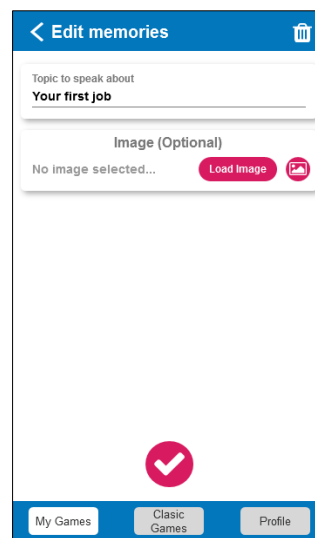


Ilustración 5.43: Pantalla edición recuerdos

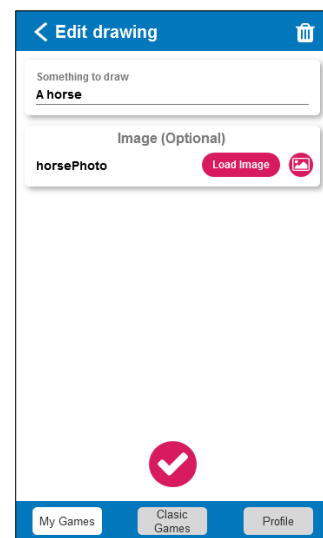


Ilustración 5.45: Pantalla edición dibujo

Ejecución

Al pulsar el botón de ejecución del juego, comenzará el desarrollo de cada una de las actividades en el orden establecido.

En el caso de la actividad de tipo interacción, se requerirá la pulsación del botón de siguiente para comenzar la reproducción de la secuencia en el dispositivo físico. Una vez reproducida la secuencia, se requerirá seguir la secuencia en el orden correcto.

Si se falla, se mostrará este hecho en pantalla y si se completa la secuencia con éxito también. Se indica también que mediante la pulsación del botón de siguiente es posible pasar a la siguiente actividad.

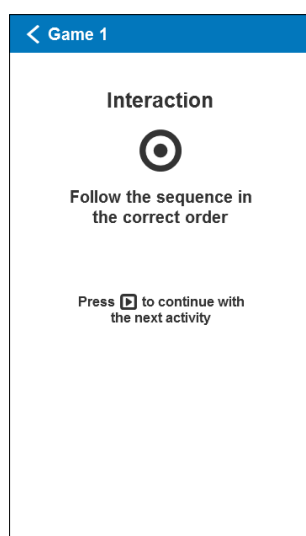


Ilustración 5.46: Pantalla ejecución interacción

En cuanto a las actividades de tipo pregunta, sonido e imagen, se muestran las respuestas posibles para cada color y se indica que con la pulsación del botón de siguiente es posible pasar a la siguiente actividad.

Para la actividad de tipo pregunta se muestra también el texto de la pregunta. Para la actividad de tipo sonido se indica que con la pulsación del botón de escucha es posible escuchar el sonido. Por último, para la actividad de tipo imagen, que con la pulsación del botón de visualización es posible visualizar la imagen.

Al pulsar en una respuesta, ésta será marcada, se visualizará con un color más intenso, se indicará en la parte inferior cuál es el color de la respuesta marcada y que si se pulsa el botón de siguiente, esta respuesta será seleccionada como la respuesta correcta.

Al pulsar el botón de siguiente en esta situación, se indicará el acierto o el fallo correspondiente. Si se ha acertado se pasa a la siguiente pantalla de actividad, mientras que, si se ha fallado, se permanece en la pantalla actual.



Ilustración 5.48: Pantalla ejecución pregunta

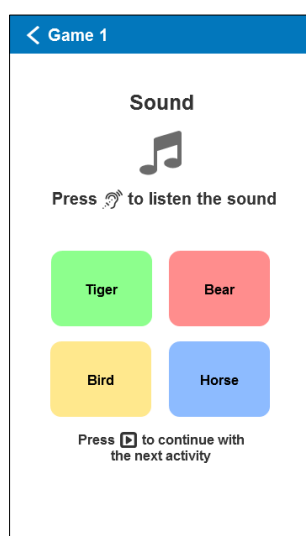


Ilustración 5.47: Pantalla ejecución sonido



Ilustración 5.49: Pantalla ejecución imagen

Para las actividades de tipo memorización, el proceso es distinto. Cuando llega el turno de la actividad de este tipo en la secuencia, se muestra la frase a memorizar y se indica que es posible pasar a la siguiente actividad mediante la pulsación del botón de siguiente.

Entonces, cuando se sucede un número de actividades igual al número de actividades entre memorización y adivinanza, se muestra la pantalla de adivinanza de memorización. En ella, se muestra la pista y las respuestas posibles. El modo de proceder es el mismo que en el de las actividades de tipo pregunta.

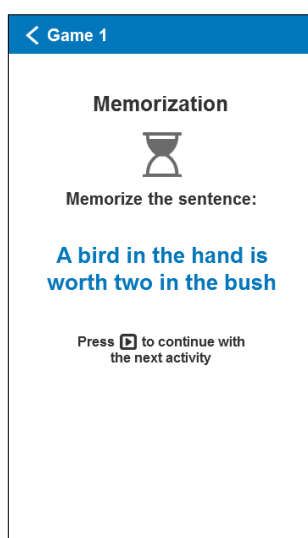


Ilustración 5.51: Pantalla ejecución memorización (recuerdo)

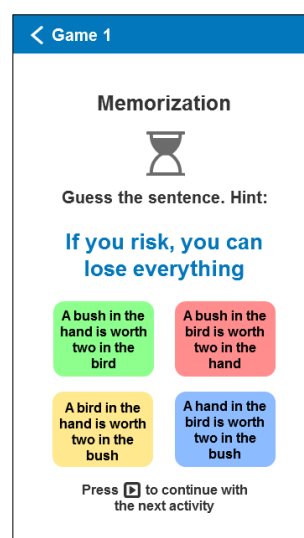


Ilustración 5.50: Pantalla ejecución memorización

En las actividades de tipo dibujo o recuerdos, se muestra el texto correspondiente de la actividad, la posibilidad de mostrar la imagen mediante la pulsación del botón de visualización y la de pasar a la siguiente actividad mediante la pulsación del botón de siguiente.

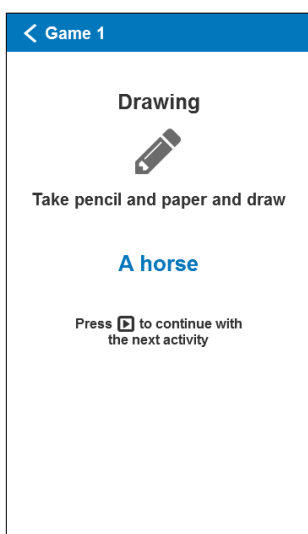


Ilustración 5.52: Pantalla ejecución dibujo

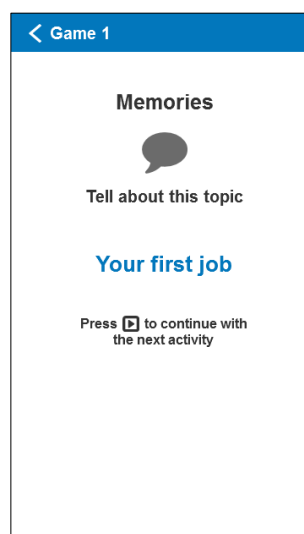


Ilustración 5.53: Pantalla ejecución recuerdos

Si se desea volver para abandonar el juego actual, se mostrará un mensaje para confirmar la acción. En caso de que se completen todas las actividades, se mostrará un mensaje de victoria.

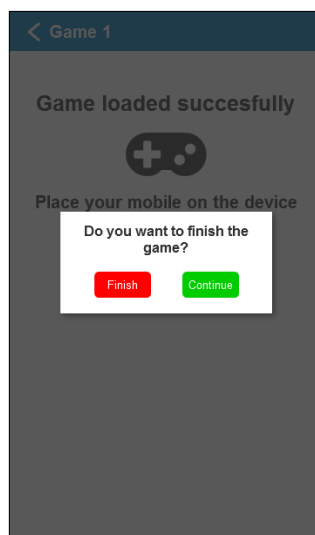


Ilustración 5.54: Pantalla abandono juego

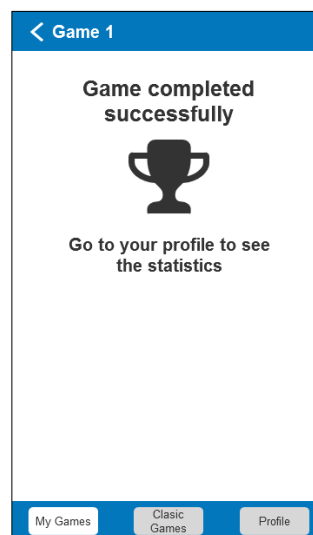


Ilustración 5.55: Pantalla completitud juego

Juegos clásicos y perfil

Si se accede a la sección de *juegos clásicos*, es posible observar una lista de juegos ya predefinidos.

En cambio, en la pantalla de *perfil*, se puede observar información sobre el dispositivo físico como el estado de la conexión, el estado del juego o el nivel de batería del dispositivo. Además, se muestra un apartado de estadísticas con el número total de juegos completados y el de actividades completadas. Estas opciones son además botones que permiten acceder a información adicional.

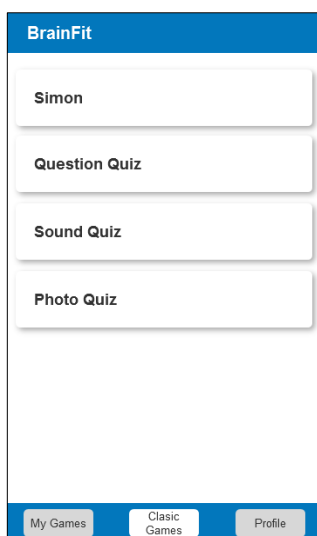


Ilustración 5.56: Pantalla juegos clásicos

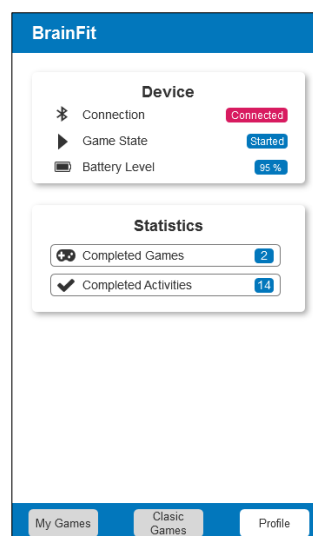


Ilustración 5.57: Pantalla perfil

Si se selecciona el botón de juegos completados, es posible visualizar un historial de los juegos realizados clasificados por día y hora. En caso de seleccionar el botón de actividades completadas, se muestra un desglose de actividades completadas por cada una de las categorías.

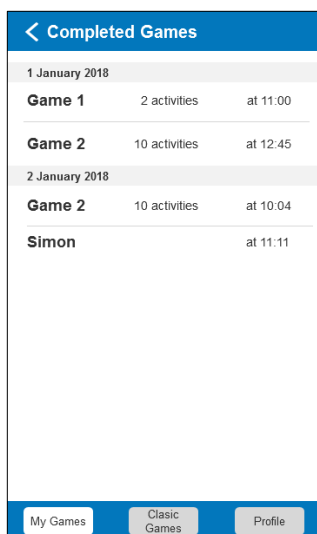


Ilustración 5.58: Pantalla juegos completados

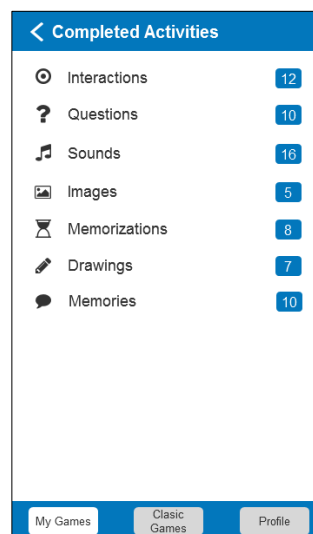


Ilustración 5.59: Pantalla actividades completadas

5.1.2. Diseño final

Durante el desarrollo del proyecto, se llevaron a cabo diversas reuniones con el tutor y, en una de ellas, se formalizó una reunión con un educador del Colegio de Educación Especial Sor Juana Inés de la Cruz de Fuenlabrada. Su colaboración fue de gran ayuda para el desarrollo del proyecto.

El educador aportó una visión cercana de la situación en estos centros, destacando cuáles son los puntos más fuertes del sistema desarrollado y posibles mejoras del mismo. Indicó que sería de gran utilidad tanto para educadores como para alumnos y que se podría incrementar su potencial con ciertas mejoras.

Por este motivo se decidió incluir nuevas características en el diseño y en la posterior implementación. Las nuevas mejoras se indican a continuación:

- **Integración de actividades Pregunta, Sonido e Imagen:** se unifican estas tres categorías en una única categoría Pregunta que permite seleccionar entre diferentes campos para la pregunta. Estos campos serán texto, imagen y sonido. Se podrán rellenar los tres campos si se desea y como mínimo uno de ellos.

Además, se añade esta misma capacidad a las respuestas. Las respuestas posibles de la pregunta pueden ser texto, imagen, sonido, o una combinación de estas.

- **Imágenes y sonido para actividades de tipo Memorización, Dibujo y Recuerdos.** También se añade la posibilidad de añadir imágenes y sonido en estas categorías:
 - Para Memorización es posible añadir texto, imágenes o sonido a la frase a memorizar (por consiguiente, también a las respuestas) y a la pista. El texto pasa a ser opcional, al igual que la imagen y el sonido, pero obligatorio al menos un tipo.
 - Para Dibujos y Recuerdos, el texto pasa a ser opcional, igual que la imagen y, además, se tiene la posibilidad de añadir sonidos. También es obligatorio al menos un tipo.
- **Nueva fuente de imágenes.** Se añade, a la capacidad de cargar imágenes desde el dispositivo, la posibilidad de tomarlas de forma instantánea con la cámara del dispositivo móvil o la posibilidad de cargar pictogramas. Esto último se explica en más detalle en el apartado **Pictogramas**.

Por otro lado, se decidió cesar de forma provisional la implementación de ciertas funcionalidades adicionales para desarrollar de una manera precisa el resto de las características principales. Las funcionalidades adicionales son las siguientes:

- Edición y ordenación de actividades.
- Implementación de juegos clásicos.
- Información de las características del dispositivo físico y estadísticas.

5.1.3. Logo

En cuanto a la especificación del icono de la aplicación y la pantalla de carga, se ha diseñado un logo afín a la temática de la aplicación. A continuación, se incluyen las imágenes que representan ambos elementos.



Ilustración 5.60: Logo

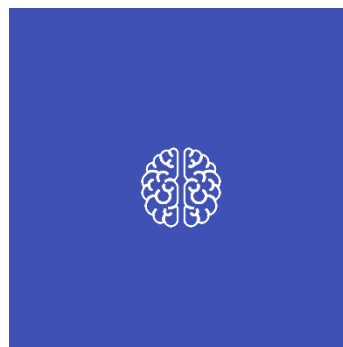


Ilustración 5.61: Pantalla de carga

Ha sido escogida la representación icónica de un cerebro como logo, para representar el desarrollo cognitivo. Además del empleo del color azul como representación de sabiduría.

El logo se ha obtenido de la web (Graphic Resources S.L., 2018) y se ha empleado una herramienta (Nurik, 2018) para diseñar el icono según los patrones de diseño de Material Design (Google LLC, 2018).

5.1.4. Efectos sonoros

Se ha escogido una serie de efectos sonoros para reproducir durante la ejecución del juego y ofrecer una mejor experiencia de usuario. De esta manera, se facilita la interacción a personas con discapacidades visuales. Los efectos son los siguientes:

- Sonido de acierto.
- Sonido de fallo.
- Sonido de victoria.
- Sonido de siguiente actividad.

- Sonidos asociados al color de respuesta.

A excepción de estos últimos, todos los sonidos se han obtenido de la plataforma Freesound (Pixelshell, 2018). Los sonidos asociados al color de respuesta se han creado usando la herramienta de generación de sonidos Bfxr (Increpare Games, 2013). Se ha partido de un sonido base y se ha modificado su frecuencia para cada sonido. Cada sonido generado se ha asociado a un determinado color.

5.1.5. Pictogramas

En lo que respecta a la inclusión de pictogramas como imágenes en la aplicación, se ha decidido emplear los aportados por la plataforma ARASAAC (Gobierno de Aragón, 2018). Mediante su implementación en la aplicación, se logra facilitar la tarea de selección de imágenes y permite contribuir a la adaptabilidad de la aplicación a aquellas personas que requieren el uso de pictogramas para comunicarse. Como es el caso de las personas con TEA.

5.2. Diseño del dispositivo físico

En este apartado, se detalla la especificación del funcionamiento del dispositivo físico, así como los componentes que posee y el esquema de conexiones entre ellos.

Tras la reunión y las modificaciones destacadas en el apartado **5.1.2. Diseño final**, se decide cesar de forma provisional la implementación de dos de los componentes en el dispositivo físico: el joystick y el rotor. Por este motivo, el diseño del dispositivo físico no incluye ambos elementos.

5.2.1. Componentes

El dispositivo físico está compuesto por los siguientes componentes:

- **Módulo bluetooth BLE HC-08:** permite la comunicación entre el dispositivo físico y la aplicación móvil empleando la tecnología BLE.
- **Led de conexión bluetooth:** indica el estado de la conexión BLE.
- **Módulo Tinkercit:** facilita la conexión de los botones y los leds que se detallan a continuación. Se emplean los puertos de entrada para conectar los botones y los puertos de salida para conectar los leds.
- **Cuatro botones de respuesta:** cada botón se encuentra asociado a cada uno de los colores de respuesta: verde, rojo, amarillo y azul.

- **Cuatro leds de respuesta:** cada uno de los leds se encuentra asociado a un botón de respuesta y posee el color de respuesta correspondiente. Estos leds lucirán cada vez que los botones asociados sean pulsados.
- **Botón de siguiente:** permite el paso entre actividades.
- **Led de siguiente:** led asociado al botón de siguiente, que lucirá cada vez que éste sea pulsado.
- **Botón de escucha/visualización:** permite la reproducción del sonido y/o el mostrado de la imagen en la aplicación.
- **Led de escucha/visualización:** led asociado al botón de escucha y/o visualización, que lucirá cada vez que éste sea pulsado.

5.2.2. Funcionalidades

Al conectar el dispositivo físico, éste se encuentra en espera del establecimiento de la conexión con la aplicación. Entonces el led de conexión bluetooth lucirá de forma intermitente. Una vez establecida la conexión, el dispositivo pasa a esperar el envío de información por parte del dispositivo y el led pasa a lucir de forma fija.

El dispositivo físico recibe cada una de las actividades del juego de forma individual y habilita los componentes correspondientes para detectar la interacción del usuario. Entonces, detecta el componente seleccionado y responde a la aplicación con la información del componente. Este proceso se encuentra especificado en la sección **5.3.**

Diseño del protocolo de comunicación.

Una vez que el dispositivo recibe la actividad actual, éste opera según el tipo de actividad recibida:

1. **Interacción:** en esta actividad se pueden diferenciar tres fases distintas:
 - a. **Comienzo:** si la aplicación indica que es la primera vez que se ejecuta la interacción, el dispositivo queda a la espera de la pulsación del botón de siguiente para la reproducción de la secuencia de acciones. Una vez es pulsado, se indica este hecho a la aplicación.
 - b. **Continuación o fallo:** si se ha pulsado el botón de siguiente en la fase de comienzo o se ha pulsado un botón de respuesta que no era el correspondiente de la secuencia, la aplicación notifica este hecho y se reproduce la secuencia de acciones. Al finalizar, se iluminan temporalmente y habilitan los botones de respuesta y el botón de siguiente.

c. **Acierto:** en caso de que la aplicación indique que el botón de respuesta seleccionado es el adecuado, únicamente se habilitan los botones de respuesta y el botón de siguiente para esperar la siguiente respuesta del usuario.

2. **Actividades con respuesta:** se corresponde con las actividades de tipo pregunta y de tipo adivinanza de la memorización. Estas actividades requieren la pulsación de los botones de respuesta por lo que éstos son habilitados. Además de la habilitación del botón de escucha/visualización, si la actividad posee imagen o sonido, y del botón de siguiente.

Si la actividad recibida se trata de una nueva, no recibida anteriormente, se iluminarán temporalmente los botones habilitados para que el usuario sepa cuáles serán los necesarios en el desarrollo de la actividad.

3. **Actividades sin respuesta:** Se trata de las actividades de tipo memorización, dibujo y recuerdos. En este caso únicamente se habilitan el botón de escucha/visualización, si la actividad posee imagen o sonido, y del botón de siguiente.

Si la actividad recibida se trata de una nueva, no recibida anteriormente, se iluminarán temporalmente los botones habilitados para que el usuario sepa cuáles serán los necesarios en el desarrollo de la actividad.

5.2.3. Conexiones

Una vez especificados los componentes que poseerá el dispositivo físico y sus funcionalidades, se detalla el esquema de conexiones del dispositivo físico a implementar. Éste ha sido elaborado con el programa de diseño electrónico Fritzing (Friends-of-Fritzing foundation, 2018).

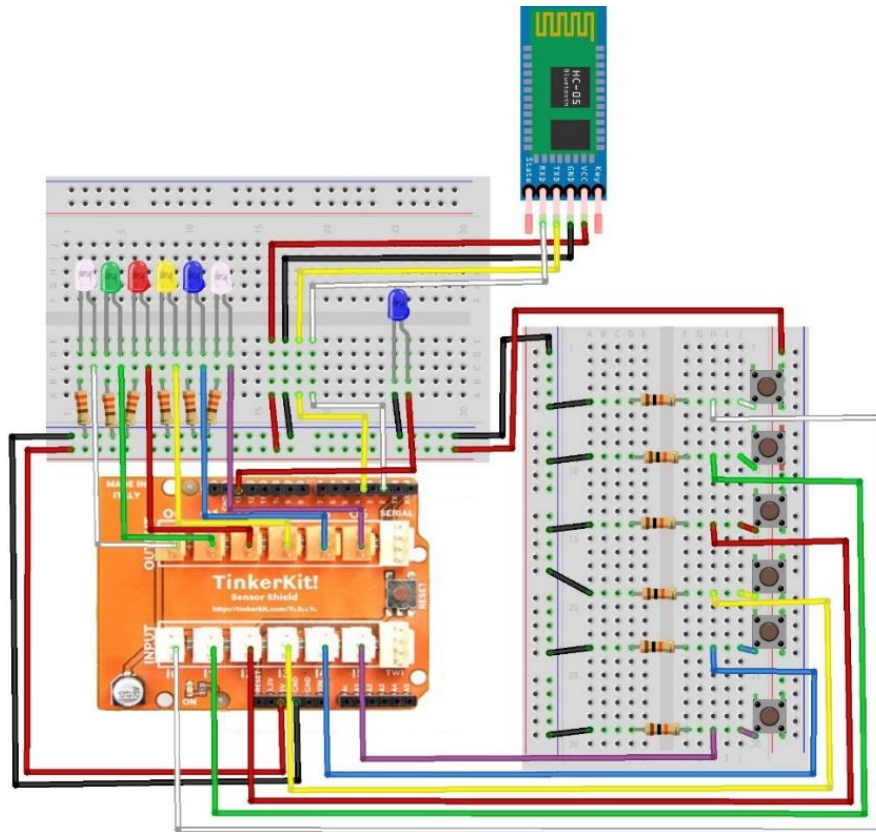


Ilustración 5.62: Esquema de conexiones del dispositivo físico

En la parte inferior izquierda, se encuentra el dispositivo Arduino con el módulo Tinkerkit integrado. A este módulo se conectan todos los componentes del sistema. Se alimentan los componentes que lo requieran con el pin de 5 voltios y se conectan sus salidas al pin de tierra (GND).

En cuanto al módulo bluetooth, se conecta el pin de lectura del módulo al pin número 2 del Arduino y el pin de escritura al número 4. El led de estado de conexión se enlaza con el pin número 13.

En la parte derecha se encuentran los botones del sistema, que son conectados a las entradas del módulo Tinkerkit. Mientras que en la parte superior izquierda se encuentran los leds asociados a estos botones que se conectan a las salidas del módulo.

5.3. Diseño del protocolo de comunicación

En esta sección se detalla el protocolo diseñado para el establecimiento de las comunicaciones entre el dispositivo físico y la aplicación móvil. Esta comunicación se realiza mediante la conexión BLE entre el dispositivo móvil y el dispositivo físico.

Se ha considerado oportuno que la aplicación almacene de forma predefinida el identificador del módulo bluetooth del dispositivo físico. De esta manera, se logrará conectar directamente al dispositivo físico sin que sea necesaria la búsqueda de dispositivos bluetooth cercanos y la determinación de cuál es el adecuado.

El protocolo de comunicaciones se encuentra restringido en gran medida por las dimensiones de la característica del módulo bluetooth del dispositivo físico. Es decir, del tamaño máximo de envío de datos en un mensaje. Este tamaño es de 20 bytes por lo que los mensajes enviados deben ser optimizados al máximo.

A continuación, se muestra el esquema de intercambio de mensajes entre la aplicación y el dispositivo físico.



Ilustración 5.63: Esquema general del protocolo de comunicación

Durante la ejecución de un juego, la aplicación enviará al dispositivo la información de la actividad en curso, para que el dispositivo habilite los elementos de interacción necesarios y deshabilite el resto, o reproduzca una secuencia de interacción en caso de que corresponda.

Una vez que el usuario interactúe con estos elementos, el dispositivo físico responderá con la información del elemento seleccionado. A partir de esta información, la aplicación determinará la acción correspondiente: si es necesario volver a enviar la actividad o si se debe enviar la actividad siguiente. Esto último sucede si se selecciona el botón de siguiente o si se recrea una interacción correctamente.

Para diferenciar ambas direcciones de comunicación, se emplea un primer bit de lectura/escritura que permite determinar si es el dispositivo físico el siguiente en escribir o leer, o es la aplicación.

5.3.1. Protocolo de respuesta de la aplicación

En primer lugar, se detalla el contenido de los mensajes enviados desde la aplicación hasta el dispositivo físico. Éstos contienen esencialmente la información de la actividad en curso.

Puesto que la actividad puede ser de tipo interacción y contener una secuencia de acciones larga, es necesario limitar al máximo el tamaño de cada registro enviado. Se emplea el bit como unidad de transferencia para destinar únicamente el tamaño mínimo indispensable.

El mensaje enviado se puede categorizar según el tipo de actividad:

1. **Interacción (comienzo o incorrecto):** en este caso, se contempla tanto el envío de la interacción por primera vez como el envío por pulsación de botón incorrecto en la recreación de secuencia.

En caso de que sea la primera vez, se envía la secuencia de acciones, aunque no es necesario ya que únicamente se emplea para notificar al dispositivo que debe esperar por la pulsación del botón de siguiente para el comienzo de la reproducción.

Cuando el dispositivo notifica la pulsación del botón de siguiente o de un botón de respuesta que no se corresponde con el correcto de la secuencia, se transmite la secuencia de acciones para su reproducción. Para ello, se envía el número total de acciones y cada una de ellas. La información de cada acción engloba su categoría (botón, joystick o rotor); color, dirección o giro, según corresponda; y número de repeticiones.

2. **Interacción (correcto):** en caso de que se haya acertado el elemento a seleccionar de la secuencia de interacción, no es necesario enviar nueva información adicional. De modo que únicamente se notifica al dispositivo que no es necesario reproducir de nuevo la secuencia, pero sí esperar la selección de alguno de los componentes.
3. **Actividad con respuesta:** este tipo de envío engloba aquellas actividades que requieren los botones de respuesta. Se corresponde con las actividades de tipo pregunta y de tipo adivinanza de la memorización. De este modo, se permite la activación de estos botones para detectar su pulsación.

También se envía si la actividad posee o no imagen o texto, para la habilitación del botón de escucha/visualización, y si es la primera vez que se envía la actividad, para la iluminación de los botones únicamente al comienzo.

- 4. Actividad sin respuesta:** en este caso, se amparan las actividades que no requieren una respuesta de los botones asociados a los colores. Se trata de las actividades de tipo memorización, dibujo y recuerdos.

También se envía si la actividad posee o no imagen o texto, para la habilitación del botón de escucha/visualización, y si es la primera vez que se envía la actividad, para la iluminación de los botones únicamente al comienzo.

En la Ilustración 5.64 se muestra un esquema de este protocolo de respuesta de la aplicación.



Ilustración 5.64: Esquema de respuesta de la aplicación

5.3.2. Protocolo de respuesta del dispositivo físico

A continuación, se detalla el contenido de los mensajes enviados desde el dispositivo físico hasta la aplicación. Éstos contienen esencialmente la información del componente del dispositivo con el que el usuario ha interactuado.

Puesto que en este caso la información enviada tiene un tamaño reducido. La unidad empleada para el envío de datos es el byte.

Tras la reunión y las modificaciones destacadas en el apartado **5.1.2. Diseño final**, también se decide cesar de forma provisional la implementación de dos de los componentes en el dispositivo físico: el joystick y el rotor. Por este motivo, el protocolo de respuesta del dispositivo físico no contempla ambos elementos.

El mensaje enviado se puede categorizar según el tipo de componente seleccionado:

1. **Respuesta:** se corresponde con los botones de respuesta asociados a los colores. Por tanto, se debe identificar también el color correspondiente.
2. **Siguiente:** respuesta asociada al botón que permite el paso entre actividades.
3. **Imagen-sonido:** se corresponde con el botón de escucha/visualización.
4. **Comienzo de interacción:** puesto que se debe indicar que se desea el comienzo de la reproducción de la secuencia de interacción, se requiere que la aplicación reconozca su selección.

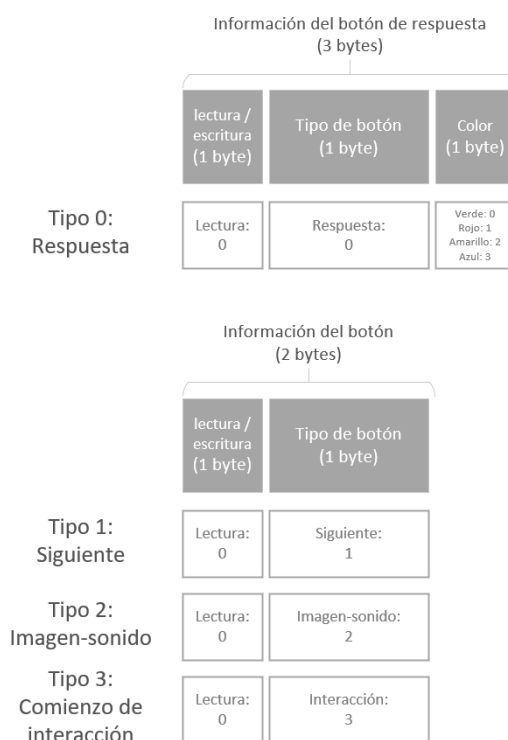


Ilustración 5.65: Esquema de respuesta del dispositivo

6

IMPLEMENTACIÓN

6.1. Entorno tecnológico

En lo que respecta a la tecnología empleada para la implementación, cabe destacar que el presente trabajo no tiene como objetivo prioritario focalizar en ella, sino dar mayor relevancia a las ideas innovadoras aportadas con la realización del proyecto y al diseño realizado. Debido a este motivo, tanto el hardware como el software empleado podría ser sustituido por otro que se considere más adecuado.

Tanto para el desarrollo de la aplicación como para el desarrollo del dispositivo físico se ha empleado un ordenador portátil HP Omen 15-ax007ns.

Los proyectos software creados en este proceso han sido guardados tanto en el almacenamiento local del ordenador como en la nube empleando la plataforma Google Drive. Además, para el proyecto de desarrollo de la aplicación ha sido almacenado en un repositorio de la plataforma GitHub.

6.1.1. Entorno tecnológico de la aplicación

En lo que respecta al entorno tecnológico de la aplicación, se ha empleado Ionic como framework de desarrollo móvil, Visual Studio Code como editor de código para la administración del proyecto, y un dispositivo móvil LG G6 para la ejecución de la aplicación desarrollada y herramienta de depuración.

En cuanto al desarrollo las funcionalidades de la aplicación se han empleado ciertos módulos importables del framework Ionic:

- **File, File Chooser y File Path:** estos tres módulos permiten la administración del almacenamiento de ficheros en el dispositivo.

- **Storage:** permite el almacenamiento de objetos JSON en el dispositivo.
- **Media y Native Audio:** estos dos módulos permiten la reproducción de sonidos.
- **BLE:** permite la administración de la comunicación BLE.
- **Camera:** permite acceder a la cámara del dispositivo móvil.

6.1.2. Entorno tecnológico del dispositivo físico

Para el entorno tecnológico del dispositivo físico se ha empleado Arduino. Tanto como plataforma hardware como sistema de desarrollo software.

Se ha hecho uso de Arduino CC para desarrollar el código que implementa las funcionalidades del dispositivo especificadas en el diseño. Para ello, se ha hecho uso de las siguientes librerías importables de Arduino:

- **Tinkerkit:** aporta la funcionalidad necesaria para la configuración de las conexiones de entrada y salida y el comportamiento de los componentes.
- **Software Serial:** aporta la funcionalidad necesaria para el envío y la recepción de mensajes a través del módulo BLE.

En cuanto a la implementación hardware, cabe destacar una diferenciación entre la tecnología empleada para la primera implementación realizada y la tecnología empleada para la implementación final, que consta de unos componentes más complejos.

Para la implementación inicial se han incorporado botones simples sin ninguna coloración y leds que se han colocado en una disposición separada a estos botones. Sin embargo, para la implementación final, se han empleado botones de máquina recreativa que poseen el led incorporado y la coloración correspondiente.

Aun así, ambas implementaciones comparten los siguientes componentes:

- **Módulo Tinkerkit:** facilita la conexión de los botones y los leds. Se emplean los puertos de entrada para conectar los botones y los puertos de salida para conectar los leds.
- **Módulo bluetooth BLE HC-08:** permite la comunicación entre el dispositivo físico y la aplicación móvil empleando la tecnología BLE.

6.2. Implementación de la aplicación

En lo que respecta a la implementación de la aplicación, se ha partido del prototipo diseñado y se han empleado las plataformas detalladas en el apartado **6.1. Entorno tecnológico**.

Aunque se ha seguido con alta fidelidad lo especificado en el prototipo, ha sido necesaria la realización de ciertos cambios debido a la plataforma utilizada como los iconos, los colores o las formas. Además de las modificaciones detalladas en el apartado **5.1.2. Diseño final**.

Los detalles de la aplicación resultante pueden ser visualizados en el manual de usuario especificado en el apartado **ANEXO A. MANUAL DE USUARIO**.

6.3. Implementación del dispositivo físico

En la implementación del dispositivo físico, cabe destacar la existencia de dos etapas. La primera de ellas consiste en la realización de un dispositivo inicial y provisional para comprobar el funcionamiento del sistema. Mientras tanto, la segunda consiste en la implementación de una versión final cuya utilización por parte del usuario sea más intuitiva.

6.3.1. Implementación inicial

En esta versión inicial se han empleado botones básicos y sin color característico situados sobre una placa de pruebas. Lo mismo sucede con los leds de iluminación que se encuentran separados de los botones a los que se encuentran asociados.

Como ya se ha indicado, se trata de una implementación provisional para permitir comprobar el correcto funcionamiento de todas las características del dispositivo físico y de la comunicación con la aplicación móvil.

Para su construcción, se ha conectado el módulo Tinkerkits y el módulo BLE al dispositivo Arduino. Acto seguido, se conectan los botones a la entrada del módulo Tinkerkits y los leds a la salida. Todo ello, según lo especificado en el apartado **5.2. Diseño del dispositivo físico**.

A continuación, se muestra en la **Ilustración 6.1** una fotografía del sistema construido.

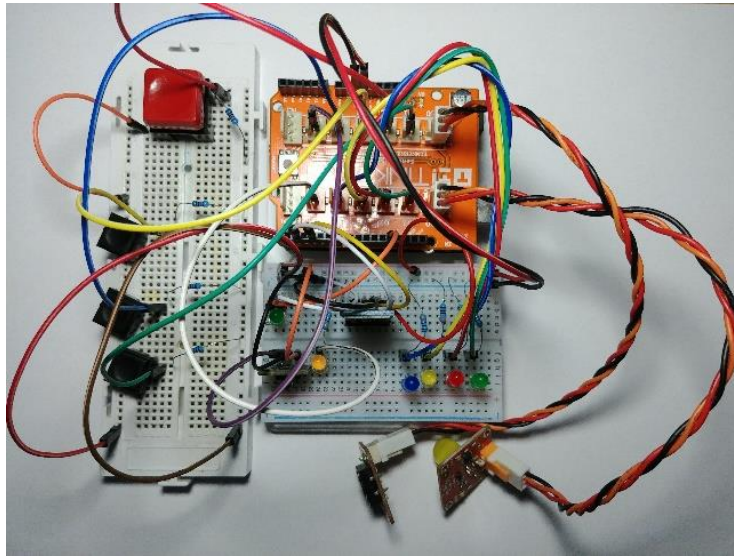


Ilustración 6.1: Implementación inicial del dispositivo físico

6.3.2. Implementación final

Una vez finalizada la primera implementación y comprobado su correcto funcionamiento, se comienza el desarrollo de la versión final. En ésta, los elementos empleados y su disposición tienen como objetivo facilitar la interacción al usuario.

En primer lugar, se sustituyen los botones y los leds empleados por botones arcade de colores con leds incorporados.



Ilustración 6.2: Botones arcade

Se emplean cuatro botones de colores verde, rojo, amarillo y azul para los botones de respuesta, un botón blanco para el botón de escucha/visualización, y otro botón blanco para el botón de siguiente. Sin embargo, el led que indica el estado de la conexión se sigue manteniendo como un led independiente y de color azul para representar a la conexión bluetooth.

Cada uno de los botones sitúa en una caja de botón. De esta caja se extraerán un cable para la conexión con el Arduino. De esta manera, se permitirá la movilidad del botón en la superficie.



Ilustración 6.3: Caja de botón y botón

El cable se encuentra formado por cuatro filamentos para detectar la pulsación del botón e iluminar el led. Los extremos de cada filamento han sido adaptados para la conexión por un lado con el Arduino y por otro con el botón. Como se puede observar respectivamente en la **Ilustración 6.4**.

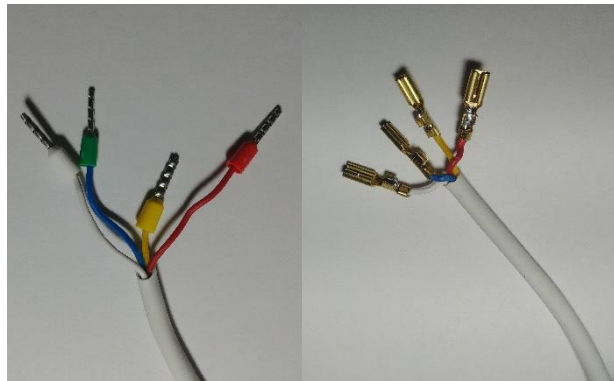


Ilustración 6.4: Cable de conexión con el botón

El código de colores empleado para los filamentos es el siguiente:

- **Rojo:** entrada del led. Posee corriente cuando el led debe encenderse. El otro extremo se encuentra conectado a la salida del Tinkerkit.
- **Amarillo:** salida del led. Conectado al negativo del Arduino.
- **Azul:** entrada del botón. Conectado al positivo del Arduino.
- **Blanco:** salida del botón. Posee corriente al pulsar el botón. El otro extremo se encuentra conectado a la entrada del Tinkerkit).

Una vez definido el código de colores, se realiza la conexión de cada cable.



Ilustración 6.5: Conexión del cable con el botón

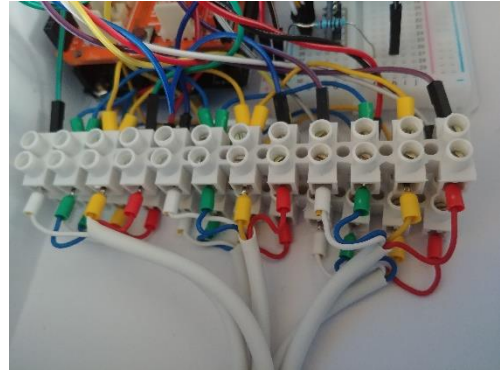


Ilustración 6.6: Conexión del cable con el dispositivo

También se decide incorporar una carcasa al dispositivo para facilitar su transporte. Ésta es una caja de cartón a la que se le incorporan agujeros para la extracción de los cables de los botones que se encuentran en el exterior.

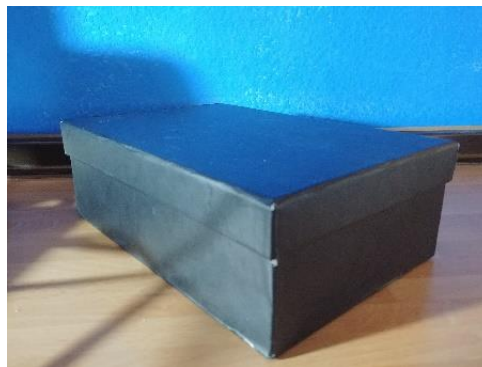


Ilustración 6.7: Carcasa del dispositivo

En cuanto al led de conexión este se posiciona en un lateral de la caja empleando los adaptadores correspondientes.



Ilustración 6.8: Led de conexión Bluetooth

De forma adicional, se añaden pegatinas a las cajas de los botones para indicar de forma escrita cuál es el botón. Esto permite facilitar la interacción a personas con daltonismo.



Ilustración 6.9: Botón final

En último lugar, se realizan los últimos ajustes de conexiones y se incorpora el dispositivo en el interior de la carcasa.

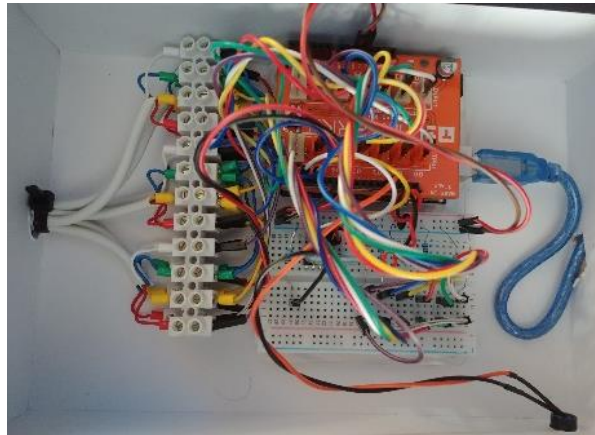


Ilustración 6.10: Implementación final de conexiones

De esta forma, se obtiene la construcción del dispositivo final que es incorporado en una caja de tamaño superior al de la carcasa para facilitar así su transporte. Además, se incluye la batería extraíble para conectar el Arduino a ella y contribuir a la movilidad del sistema.



Ilustración 6.11: Dispositivo final (1)



Ilustración 6.12: Dispositivo final (2)

7

PRUEBAS

7.1. Descripción de pruebas

Una vez completada la implementación del sistema diseñado, es necesaria la realización de pruebas para comprobar el funcionamiento de todas las características especificadas. Para ello, se ha decidido detallar pruebas de aceptación que permiten validar que el sistema cumple con los requisitos especificados.

En cada una de ellas se definirá una breve descripción del objetivo de la prueba, la especificación de las acciones de entrada necesarias y la especificación de la salida esperada. Además, se añade un atributo para incorporar los identificadores de los requisitos comprobados con la realización de dicha prueba. La plantilla es la siguiente:

TABLA 7.1: PLANTILLA DE PRUEBAS

P-XX	
Descripción	
Entrada	
Salida	
Requisitos	

Plantilla que se completará con el identificador correspondiente y los valores de los atributos que se han especificado anteriormente.

7.2. Especificación de pruebas

Tras realizar la descripción de los atributos y la definición de la plantilla, es necesario realizar la especificación de las pruebas necesarias para comprobar el funcionamiento del sistema creado.

TABLA 7.2: PRUEBA P-01

P-01	
Descripción	Comprobación de creación de un juego.
Entrada	Se selecciona la opción de creación de juego, se añade un nombre, una actividad y se guarda el juego.
Salida	Aparece el juego en la lista de juegos creados.
Requisitos	RF-01, RF-02, RF-03

TABLA 7.3: PRUEBA P-02

P-02	
Descripción	Comprobación de adición de una actividad ya existente.
Entrada	Se selecciona la opción de añadir una actividad existente a un juego y se selecciona una actividad.
Salida	La actividad seleccionada es añadida a la lista de actividades del juego.
Requisitos	RF-04

TABLA 7.4: PRUEBA P-03

P-03	
Descripción	Comprobación de creación de una actividad de tipo interacción.
Entrada	Se selecciona la opción de crear una actividad de tipo interacción, se añade una acción y se guarda la actividad.
Salida	La actividad de tipo interacción creada es añadida a la lista de actividades del juego.
Requisitos	RF-05, RF-06

TABLA 7.5: PRUEBA P-04

P-04	
Descripción	Comprobación de creación de una acción de tipo botón.
Entrada	Se selecciona la opción de crear una acción, se selecciona el tipo botón y se guarda la acción.
Salida	La acción de tipo botón creada es añadida a la lista de acciones de la interacción.
Requisitos	RF-07, RF-08, RF-09

TABLA 7.6: PRUEBA P-05

P-05	
Descripción	Comprobación de creación de una acción de tipo joystick.
Entrada	Se selecciona la opción de crear una acción, se selecciona el tipo joystick y se guarda la acción.
Salida	La acción de tipo joystick creada es añadida a la lista de acciones de la interacción.
Requisitos	RF-10, RF-11, RF-12

TABLA 7.7: PRUEBA P-06

P-06	
Descripción	Comprobación de creación de una acción de tipo rotor.
Entrada	Se selecciona la opción de crear una acción, se selecciona el tipo rotor y se guarda la acción.
Salida	La acción de tipo rotor creada es añadida a la lista de acciones de la interacción.
Requisitos	RF-13, RF-14

TABLA 7.8: PRUEBA P-07

P-07	
Descripción	Comprobación de creación de una actividad de tipo pregunta.
Entrada	Se selecciona la opción de crear una actividad de tipo pregunta, se añaden los atributos y se guarda la actividad.
Salida	La actividad de tipo pregunta creada es añadida a la lista de actividades del juego.
Requisitos	RF-15, RF-16, RF-19

TABLA 7.9: PRUEBA P-08

P-08	
Descripción	Comprobación de creación de una actividad de tipo memorización.
Entrada	Se selecciona la opción de crear una actividad de tipo memorización, se añaden los atributos y se guarda la actividad.
Salida	La actividad de tipo memorización creada es añadida a la lista de actividades del juego.
Requisitos	RF-19, RF-20, RF-21, RF-22

TABLA 7.10: PRUEBA P-09

P-09	
Descripción	Comprobación de creación de una actividad de tipo dibujo.
Entrada	Se selecciona la opción de crear una actividad de tipo dibujo, se añaden los atributos y se guarda la actividad.
Salida	La actividad de tipo dibujo creada es añadida a la lista de actividades del juego.
Requisitos	RF-23, RF-24

TABLA 7.11: PRUEBA P-10

P-10	
Descripción	Comprobación de creación de una actividad de tipo recuerdos.
Entrada	Se selecciona la opción de crear una actividad de tipo recuerdos, se añaden los atributos y se guarda la actividad.
Salida	La actividad de tipo recuerdos creada es añadida a la lista de actividades del juego.
Requisitos	RF-25, RF-26

TABLA 7.12: PRUEBA P-11

P-11	
Descripción	Comprobación de cancelación de creación de juego.
Entrada	Se selecciona la opción de crear un nuevo juego y se selecciona el botón de volver.
Salida	Se muestra un mensaje de confirmación y al confirmar se vuelve a la pantalla principal.
Requisitos	RF-31

TABLA 7.13: PRUEBA P-12

P-12	
Descripción	Comprobación de cancelación de creación de actividad.
Entrada	Se selecciona la opción de crear una nueva actividad y se selecciona el botón de volver.
Salida	Se muestra un mensaje de confirmación y al confirmar se vuelve a la pantalla de creación del juego.
Requisitos	RF-32

TABLA 7.14: PRUEBA P-13

P-13	
Descripción	Comprobación de cancelación de creación de acción.
Entrada	Se selecciona la opción de crear una nueva acción y se selecciona el botón de volver.
Salida	Se muestra un mensaje de confirmación y al confirmar se vuelve a la pantalla de creación de la interacción.
Requisitos	RF-33

TABLA 7.15: PRUEBA P-14

P-14	
Descripción	Comprobación de eliminación de juego.
Entrada	Se selecciona la opción de eliminar un juego.
Salida	Se muestra un mensaje de confirmación y al confirmar se elimina el juego y se vuelve a la pantalla principal.
Requisitos	RF-34

TABLA 7.16: PRUEBA P-15

P-15	
Descripción	Comprobación de eliminación de actividad.
Entrada	Se selecciona la opción de eliminar una actividad.
Salida	Se muestra un mensaje de confirmación y al confirmar se elimina la actividad y se vuelve a la pantalla de creación de juego.
Requisitos	RF-35

TABLA 7.17: PRUEBA P-16

P-16	
Descripción	Comprobación de eliminación de acción.
Entrada	Se selecciona la opción de eliminar una acción.
Salida	Se muestra un mensaje de confirmación y al confirmar se elimina la acción y se vuelve a la pantalla de creación de interacción.
Requisitos	RF-36

TABLA 7.18: PRUEBA P-17

P-17	
Descripción	Comprobación de envío de actividad.
Entrada	Se selecciona la opción de ejecutar un juego.
Salida	Se muestra la primera actividad del juego.
Requisitos	RF-44

TABLA 7.19: PRUEBA P-18

P-18	
Descripción	Comprobación de paso de actividad.
Entrada	Se selecciona el botón de siguiente para pasar de actividad.
Salida	Se muestra la siguiente actividad del juego.
Requisitos	RF-45, RF-46, RF-47, RF-48, RF-49, RF-57

TABLA 7.20: PRUEBA P-19

P-19	
Descripción	Comprobación de comienzo de interacción.
Entrada	Se pulsa el botón de siguiente al comienzo de una actividad de tipo interacción.
Salida	Se reproduce la secuencia de acciones de la interacción.
Requisitos	RF-48, RF-49, RF-58, RF-59

TABLA 7.21: PRUEBA P-20

P-20	
Descripción	Comprobación de desarrollo de interacción
Entrada	Se pulsan los botones de respuesta para seguir la secuencia.
Salida	Si hay fallo, se vuelve a reproducir la secuencia. Si se representa con éxito toda la secuencia, se muestra el éxito.
Requisitos	RF-51, RF-54, RF-60, RF-75, RF-76, RF-77

TABLA 7.22: PRUEBA P-21

P-21	
Descripción	Comprobación de reproducción de sonido.
Entrada	Se selecciona el botón de escucha/visualización en las actividades de pregunta y memorización.
Salida	Se reproduce el sonido de la pregunta o de la memorización (si lo posee).
Requisitos	RF-50, RF-79

TABLA 7.23: PRUEBA P-22

P-22	
Descripción	Comprobación de visualización de imagen.
Entrada	Se selecciona el botón de escucha/visualización en las actividades de pregunta y memorización.
Salida	Se muestra la imagen de la pregunta o de la memorización (si la posee).
Requisitos	RF-50, RF-80

TABLA 7.24: PRUEBA P-23

P-23	
Descripción	Comprobación de comienzo de pregunta.
Entrada	Comienzo del desarrollo de una actividad de tipo pregunta.
Salida	Se muestra en pantalla el texto de la pregunta (si lo posee) y el texto de las posibles respuestas (si lo posee).
Requisitos	RF-61

TABLA 7.25: PRUEBA P-24

P-24	
Descripción	Comprobación de desarrollo de pregunta.
Entrada	Se selecciona un botón de respuesta y el botón de siguiente.
Salida	Se reproduce el sonido y/o visualiza la imagen de la respuesta si corresponde, se marca y se comprueba si es la respuesta correcta.
Requisitos	RF-51, RF-54, RF-62, RF-75, RF-76, RF-77

TABLA 7.26: PRUEBA P-25

P-25	
Descripción	Comprobación de comienzo de memorización.
Entrada	Comienzo del desarrollo de una actividad de tipo memorización.
Salida	Se muestra en pantalla el texto de la frase a memorizar.
Requisitos	RF-69

TABLA 7.27: PRUEBA P-26

P-26	
Descripción	Comprobación de comienzo de adivinanza de memorización.
Entrada	Se ha desarrollado desde el comienzo de la memorización el número de actividades desde memorización hasta adivinanza.
Salida	Se muestra en pantalla el texto de la pista y las posibles respuestas de texto asociadas a cada color.
Requisitos	RF-70

TABLA 7.28: PRUEBA P-27

P-27	
Descripción	Comprobación de desarrollo de adivinanza de memorización.
Entrada	Se selecciona un botón de respuesta y el botón de siguiente.
Salida	Se reproduce el sonido y/o visualiza la imagen de la respuesta si corresponde, se marca y se comprueba si es la respuesta correcta.
Requisitos	RF-51, RF-54, RF-71, RF-75, RF-76, RF-77

TABLA 7.29: PRUEBA P-28

P-28	
Descripción	Comprobación de comienzo de dibujo.
Entrada	Comienzo del desarrollo de una actividad de tipo dibujo.
Salida	Se muestra el texto de la temática sobre la que dibujar.
Requisitos	RF-72

TABLA 7.30: PRUEBA P-29

P-29	
Descripción	Comprobación de comienzo de recuerdos
Entrada	Comienzo del desarrollo de una actividad de tipo recuerdos.
Salida	Se muestra el texto de la temática sobre la que hablar.
Requisitos	RF-73

TABLA 7.31: PRUEBA P-30

P-30	
Descripción	Comprobación de finalización de juego
Entrada	Se desarrolla la última actividad del juego y se selecciona el botón de siguiente.
Salida	Se muestra el éxito en la completitud del juego.
Requisitos	RF-74, RF-78

7.3. Trazabilidad entre requisitos y pruebas

Tras la especificación de pruebas, se realiza la trazabilidad entre requisitos y pruebas para comprobar que todos los requisitos descritos han sido contemplados en las pruebas.

TABLA 7.32: TRAZABILIDAD ENTRE REQUISITOS Y PRUEBAS (1)

P RF	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	P-07	P-08	P-09	P-10	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15	P-16	P-17	P-18	P-19	P-20	P-21	P-22	P-23	P-24	P-25	P-26	P-27	P-28	P-29	P-30
RF-01	x																													
RF-02	x																													
RF-03	x																													
RF-04		x																												
RF-05			x																											
RF-06			x																											
RF-07				x																										
RF-08				x																										
RF-09				x																										
RF-10					x																									
RF-11					x																									
RF-12					x																									
RF-13						x																								
RF-14						x																								
RF-15							x																							
RF-16							x																							
RF-17																														
RF-18																														
RF-19							x	x																						
RF-20								x																						
RF-21								x																						
RF-22								x																						
RF-23									x																					
RF-24									x																					
RF-25										x																				
RF-26										x																				
RF-27																														
RF-28																														
RF-29																														
RF-30																														
RF-31											x																			
RF-32												x																		
RF-33													x																	
RF-34														x																
RF-35															x															
RF-36																x														
RF-37																														
RF-38																														

TABLA 7.33: TRAZABILIDAD ENTRE REQUISITOS Y PRUEBAS (2)

P RF	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	P-07	P-08	P-09	P-10	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15	P-16	P-17	P-18	P-19	P-20	P-21	P-22	P-23	P-24	P-25	P-26	P-27	P-28	P-29	P-30
RF-39																														
RF-40																														
RF-41																														
RF-42																														
RF-43																														
RF-44																	X													
RF-45																		X												
RF-46																		X												
RF-47																		X												
RF-48																		X	X											
RF-49																		X	X											
RF-50																					X	X								
RF-51																				X				X			X			
RF-52																														
RF-53																														
RF-54																				X				X			X			
RF-55																														
RF-56																														
RF-57																		X												
RF-58																			X											
RF-59																			X											
RF-60																				X										
RF-61																							X							
RF-62																								X						
RF-63																														
RF-64																														
RF-65																														
RF-66																														
RF-67																														
RF-68																														
RF-69																									X					
RF-70																										X				
RF-71																											X			
RF-72																												X		
RF-73																													X	
RF-74																														X
RF-75																				X				X			X			
RF-76																				X				X			X			
RF-77																				X				X			X			
RF-78																														X
RF-79																					X									
RF-80																						X								

Se detallan en color rojo los requisitos que han sido cancelados, y que, por tanto, no se han tenido en cuenta en la realización de las pruebas. Debido a esto, no tienen correspondencia con ninguna de ellas. Esto mismo sucede con los requisitos marcados en color amarillo, que son aquellos que no han sido implementados por motivos de preferencia explicados en el apartado **5.1.2. Diseño final**.

El resto de requisitos sí se han considerado para la especificación de pruebas y por tanto tienen correspondencia con al menos una prueba que verifica su correcta implementación.

7.4. Prueba en centro de educación

Una vez finalizada la implementación del sistema final, se concertó, con el educador de la reunión, una visita el día 20 de abril de 2018 al Colegio de Educación Especial Sor Juana Inés de la Cruz de Fuenlabrada. Allí, se pudo observar el trabajo diario en este tipo de centros, las herramientas que emplean tanto educadores como alumnos y el impacto de la tecnología en las aulas, que era realmente escaso.

Tras esto, se invitó al educador a interactuar con el sistema implementado. Se le concedió la oportunidad de interactuar con los botones del dispositivo físico en el desarrollo de un juego que ya se había preparado para la visita. Sin embargo, debido a condiciones de tiempo, no fue posible que algún alumno probase el sistema. Después de la interacción, el educador concedió una entrevista en la que mostró encontrarse impresionado con el trabajo realizado e indicó que el sistema podía ser de gran utilidad en centros de educación especial. El audio de esta entrevista se encuentra transcrito en el apartado **ANEXO B. ENTREVISTA**. También detalló una serie de mejoras que podrían ser implementadas en un futuro y que se especifican en el apartado **10.2. Líneas futuras de trabajo**.

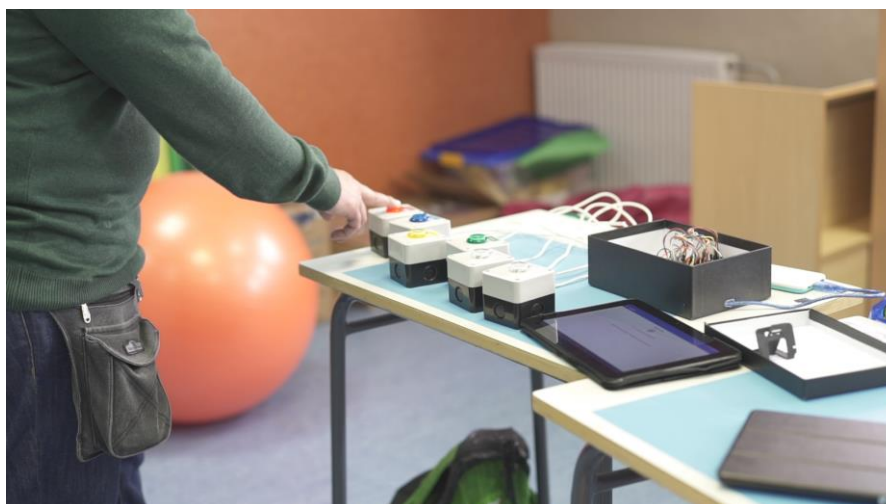


Ilustración 7.1: Interacción del educador con el sistema

8

PLANIFICACIÓN

8.1. Reuniones

Durante el desarrollo del proyecto, se llevan a cabo diversas reuniones con el tutor para evaluar el progreso, así como la concreción de posibles modificaciones y mejoras.

Con este mismo objetivo también se formalizó una reunión con un educador del Colegio de Educación Especial Sor Juana Inés de la Cruz de Fuenlabrada. Su colaboración fue de gran ayuda para el desarrollo del proyecto.

Una vez implementado el sistema, se desarrolló una visita al centro educativo en la cual fue posible observar el trabajo diario en este tipo de centros y presentar el sistema final desarrollado. El educador interactuó con éste y concedió una entrevista filmada ofreciendo sus opiniones sobre el sistema.

A continuación, se muestra una tabla en la que se muestran las fechas de las correspondientes reuniones.

TABLA 8.1: REUNIONES

Reunión	Fecha
1º Reunión con el tutor	19 / 12 / 2017
2ª Reunión con el tutor	01 / 02 / 2018
Reunión con educador	01 / 03 / 2018
3º Reunión con el tutor	13 / 03 / 2018
4º Reunión con el tutor	05 / 04 / 2018
Visita al centro educativo	20 / 04 / 2018

8.2. Etapas del proyecto

Acto seguido, se detallan las etapas en las que ha sido dividida la elaboración del proyecto. Éstas se han desarrollado durante un período de 171 días. Aproximadamente 6 meses, desde el 15 de noviembre de 2018 hasta el 4 de mayo de 2019. Las etapas son las siguientes:

- Análisis del estado del arte:
 - Análisis de las soluciones existentes.
 - Especificación de la solución a diseñar.
- Fase de análisis:
 - Especificación de requisitos.
- Fase de diseño:
 - Diseño de la aplicación.
 - Diseño del protocolo de comunicación.
 - Diseño del dispositivo.
- Fase de implementación:
 - Pruebas iniciales de la tecnología de implementación.
 - Implementación inicial de la aplicación.
 - Modificación de actividades (especificadas en el apartado **5.1.2. Diseño final**).
 - Implementación del protocolo de comunicación.
 - Implementación inicial del dispositivo físico.
 - Implementación de la versión final de la aplicación.
 - Implementación de la versión final del dispositivo físico.
- Fase de pruebas:
 - Realización de pruebas.
 - Prueba en centro de educación.

Además, se incluye un diagrama de Gantt en el que se detalla la división temporal de estas etapas especificadas. Aunque las fases son independientes, es posible que durante su desarrollo éstas se solapasen o se retornara al desarrollo de alguna tarea ya finalizada para la mejora o modificación del trabajo realizado.

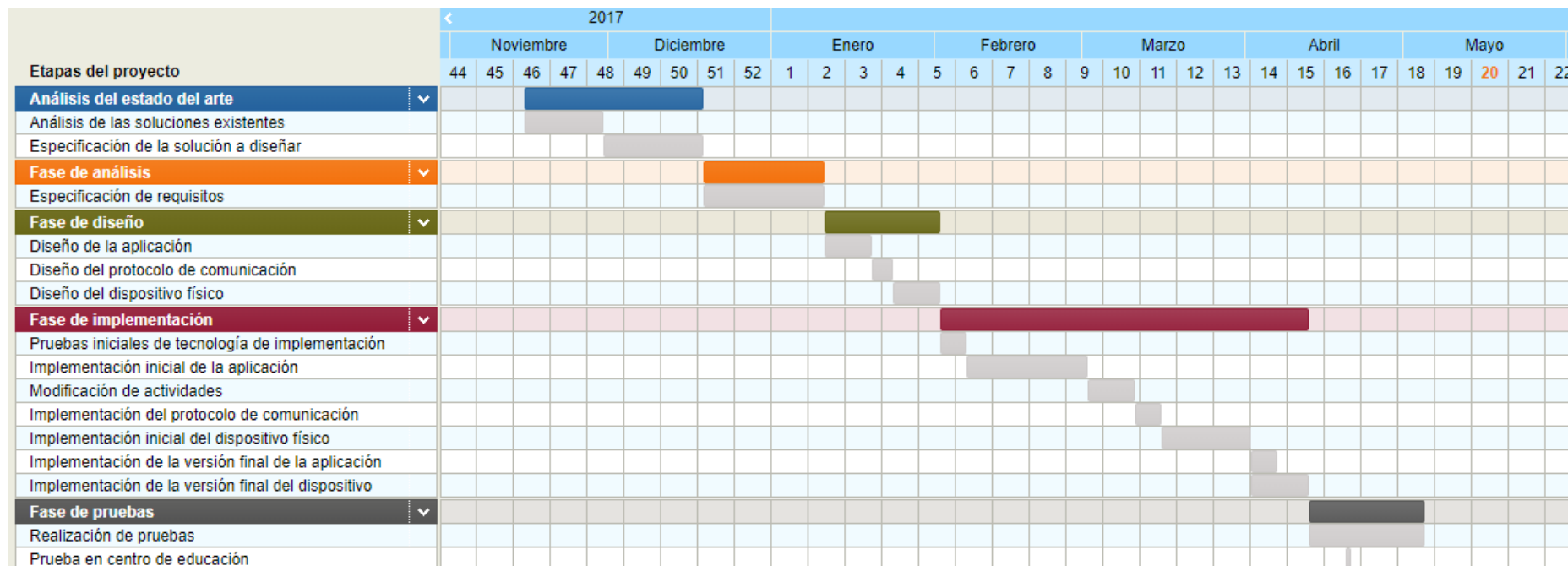


Ilustración 8.1: Diagrama de planificación del proyecto

ENTORNO SOCIO-ECONÓMICO

9.1. Impacto socio-económico

El presente proyecto persigue lograr el desarrollo cognitivo de personas con diversidad funcional. Sin embargo, no lo pretende hacer de una forma cualquiera sino adaptándose al máximo a las necesidades de cada persona. Gracias a esto se pretende que el sistema desarrollado se convierta en una herramienta de uso diario tanto en centros de cuidado y educación especializada como en hogares.

De este modo se logrará que las personas que jueguen con él logren un desarrollo cognitivo diario, pero con un enfoque lúdico. Factor que favorecerá a que se continúe haciendo uso del sistema y no se abandone por resultar aburrido.

Además, el enfoque de adaptabilidad aportado también contribuye al empleo del sistema. Se han desarrollado los medios necesarios para que pueda ser usado por personas con discapacidades visuales, auditiva, intelectuales o motoras.

Por otro lado, no se logra solamente que se beneficien las personas con discapacidad sino todas las personas del entorno que les rodean. Tanto sus cuidadores como su familia hallarán una doble satisfacción. Podrán encontrar facilitada la tarea de diseño de actividades diarias para realizar con las personas a las que cuidan mientras observan la mejoría de sus cualidades. Todo ello bajo un entorno de amenidad.

En lo que respecta al impacto económico, este sistema podría ahorrar grandes cantidades de dinero e inversiones en sistemas complejos y costosos para el desarrollo de actividades diarias con estas personas. Como podría ser la compra de consolas, televisores o juguetes. El proyecto se plantea como una alternativa a todos estos medios de uso común.

9.2. Presupuesto

El presente apartado se encuentra destinado a la especificación del presupuesto necesario para el desarrollo del proyecto. Para ello, se detalla el coste total a partir del desglose de los distintos tipos de coste que se detallan a continuación.

9.2.1. Coste de personal

Para la definición de los costes de personal, se detalla el desglose de horas dedicadas y el coste por hora de cada rol. De esta manera, es posible hallar el coste total de personal. Las cifras aproximadas de coste por hora según rol han sido extraídas de un estudio de remuneración (Page Personnel, 2016).

TABLA 9.1: PRESUPUESTO DE PERSONAL

Rol	Coste por hora (€)	Dedicación (horas)	Coste (€)
Analista	22,00	82	1.804,00
Diseñador	15,00	37	555,00
Arquitecto software	25,00	76	1.900,00
Programador	18,00	106	1.908,00
Tester	15,00	68	1.020,00
Coste total (€)			7.187,00

9.2.2. Coste de equipos

En cuanto al desglose de costes de los equipos empleados, se aplica el coste de amortización de cada uno de ellos, según el periodo de amortización, el periodo de uso y el precio. De este modo, se halla el coste total de equipos.

TABLA 9.2: PRESUPUESTO DE EQUIPOS

Equipo	Precio (€)	Periodo de amortización (meses)	Periodo de uso (meses)	Coste (€)
HP Omen 15-ax007ns	776,00	60	5	64,67
LG G6	420,00	36	5	58,33
Coste total (€)				123,00

9.2.3. Coste de software

A continuación, se especifican los costes del software empleado durante el desarrollo del proyecto. Al igual que los costes de equipos, se aplica el coste de amortización del software.

TABLA 9.3: PRESUPUESTO DE SOFTWARE

Software	Precio (€)	Periodo de amortización (meses)	Periodo de uso (meses)	Coste (€)
Microsoft Windows 10*	0,00	-	5	0,00
Microsoft Office 360*	0,00	-	5	0,00
Axure RP 8*	0,00	-	5	0,00
Visual Studio Code	0,00	-	5	0,00
Ionic Framework	0,00	-	5	0,00
Arduino IDE	0,00	-	5	0,00
Fritzing	0,00	-	5	0,00
Bfxr	0,00	-	5	0,00
Coste total (€)				0,00

* Servicios de pago que se obtienen de forma gratuita gracias a la licencia universitaria.

9.2.4. Coste de material

En este apartado, se incluye el coste de los materiales empleados para la construcción del prototipo físico. Para ello, se realiza un desglose del precio y la cantidad de cada componente.

TABLA 9.4: PRESUPUESTO DE MATERIAL

Software	Precio (€)	Cantidad (unidades)	Coste (€)
Arduino Uno	19,00	1	19,00
TinkerKit	12,95	1	12,95
Módulo Bluetooth SH-HC-08	7,99	1	7,99
Botón arcade con led	1,00	6	6,00
Joystick	2,45	1	2,45
Rotor	2,95	1	2,95
Caja para botón	1,60	6	9,60
Caja para Arduino	3,25	1	3,25
Soporte para móvil	2,56	1	2,56
Cables y conectores	3,65	1	3,65
Coste total (€)			70,40

9.2.5. Presupuesto final

Para concluir, se calcula el coste total del proyecto a partir de la suma de los costes calculados.

TABLA 9.5: PRESUPUESTO FINAL

Descripción	Coste (€)
Coste de personal	7.187,00
Coste de equipos	123,00
Coste de software	0,00
Coste de material	70,40
Coste total (€)	7.380,40

El presupuesto final del proyecto asciende a un total de 7.380,40 €.

10

CONCLUSIONES

10.1. Resultados obtenidos

Una vez completada la verificación del cumplimiento de las pruebas, es posible concluir que se han cumplido los objetivos propuestos. Aunque si bien se ha tenido que suspender la incorporación de determinadas características por motivos de tiempo, se ha logrado incorporar otras que aportan un mayor valor al sistema desarrollado.

De todas formas, se ha decidido aportar mayor importancia a la idea de diseño que plantea este proyecto, y no tanto a la implementación realizada. De modo que a partir de él sea posible la creación de un sistema más avanzado con mejores características.

No obstante, se ha logrado la consecución de un sistema funcional con las características especificadas. Éste podrá ser empleado en hogares y centros de educación para el desarrollo de las actividades diarias y para perseguir el desarrollo cognitivo de las personas que lo usan. Todo ello, logrando una adaptación a las condiciones individuales de cada usuario.

En último lugar, cabe destacar que el sistema ha sido probado en un entorno de uso real y que ha dejado satisfecho a un educador que es consciente de las necesidades de las personas con diversidad funcional.

10.2. Líneas futuras de trabajo

El proyecto desarrollado no es un sistema acotado en el que ya esté todo inventado e implementado. Se trata de un sistema en el que la posibilidad de adición de nuevas capacidades es infinita.

Sin embargo, debido condiciones temporales, ha sido necesario establecer un número acotado de características a implementar. El objetivo principal ha sido el de presentar la idea de realización del sistema y las posibilidades que este aporta. Tanto con las capacidades que posee como con las posibles evoluciones que podrían ser desarrolladas y aportarían unas capacidades más avanzadas.

El sistema ha sido desarrollado con la idea de crear un sistema abierto que facilite la adición las nuevas mejoras que se decidan implementar. De esta manera, permitirá la mejoría de características ya implementadas como la adaptabilidad al usuario o la personalización de juegos, e incluso, podrá traer características nuevas, como la creación de nuevos tipos de actividades.

Por todo ello, no se pretende abandonar en este punto el desarrollo del proyecto actual ya que se tiene como objetivo la continuación del mismo, con la adición de nuevas capacidades o la implementación de otras que han tenido que ser dejadas a un lado. Como ocurre con la edición de actividades o con la implementación de los juegos clásicos o las estadísticas de juego.

Gracias a las reuniones con el educador, se han planteado nuevas capacidades como la lectura de pantalla para personas con discapacidades visuales, la modificación del orden de reproducción de las actividades, la modificación de la velocidad de reproducción de las interacciones o la recomendación de juegos según las necesidades y condiciones del usuario. También se han planteado otras características como la creación de nuevos tipos de actividad. Por ejemplo, un modo de emparejamiento de texto, imágenes o sonido o un modo de creación musical. Incluso, se ha contemplado la posibilidad de creación de una red social en la que se posibilite la compartición de juegos y actividades entre los usuarios para facilitar así la compleja tarea de creación de un juego.

No obstante, estas ideas de innovación no son únicas. Gracias al sistema desarrollado es posible encontrar más mejoras. Éste puede ser empleado como prototipo para el análisis de un producto más avanzado. Se plantea la posibilidad de emplearlo en centros educativos o, incluso, en hogares, como elemento de prueba para verificar su comportamiento. De este modo se podrá definir posibles mejoras para la creación de un sistema de desarrollo cognitivo completo que pueda adaptarse a las condiciones de cada persona y permita facilitar el desarrollo diario de cada una de ellas.

EXTENDED ABSTRACT

11.1. Introduction

On September 21st Alzheimer's International Day is celebrated (CEAFA, 2017). Thanks to days like this, this type of diseases achieves more media coverage and society is more aware of its impact. According to a study carried out in 2005, there are about 46.8 million people in the world who suffer from some kind of dementia and every three seconds there is a new person that develops the disease (Prince, et al., 2015). Moreover, it is estimated that this amount is increasing and, by 2050, this number could be over 131.5 million people (Prince, et al., 2015). Thanks to this study, the relevance of diseases related to dementia and the importance of the investigation about them to avoid the growth is reflected.

However, the investigation regarding dementia is not just about focalizing on people that suffer from it, but also on people who could suffer from it in the future. Because of this, people with other intellectual disabilities should not be forgotten. These people are more prone to develop dementias and their correct treatment could help to avoid them and combat the intellectual disability (Alzheimer's Disease International, 2003).

11.1.1.Motivation

Increasingly, the media is not only responsible for expressing the importance of the prevention and premature detection of cognitive disabilities, but also the importance of their correct treatment (Álvarez, 2015). It has been proved that nowadays pharmacological treatment is not effective and intellectual recovery is noticeable with the development of physical exercise and cognitive training (Petersen, et al., 2018).

Furthermore, has been proved the effectivity of the use of interactive activities to develop the training and stop the acceleration of the cognitive deterioration (Woods,

Aguirre, Spector, & Orrell, 2012). These activities try to stimulate thought and memory in general, so that they include tasks like having a conversation, word games, puzzles and music (Woods, Aguirre, Spector, & Orrell, 2012).

Nevertheless, it is possible to verify through state of the art study that the technological deployment to implement these interactive games is limited. In addition, those games which make use of technology are not focused on treating these diseases. Because of this, their capability to adapt to the user is almost non-existent.

In daily life, people in charge of taking care of people with disabilities have a complex job. They have to produce new tasks which can adapt to the individual conditions of each person with disability. Everything with limited resources and time.

All things considered, technological development is necessary in this field to provide usable means to develop the quality of life of both care providers and people who receive the care.

11.1.2.Objectives

Considering specified motivations, the main objective of this work is the development of an application which allows users to create customize interactive activities to develop the intellectuality of people with cognitive disabilities. Everything through the multitouch and tangible interaction adapted to user needs.

To achieve this main objective, it is necessary to achieve the following partial objectives:

- **Development of a multiplatform mobile application:** this will allow the creation of games. These games will be formed by activities that are customizable to the needs of the person who will play. The creator of the game will be able to design, among other things, his own questions with text, images or sound, create topics to talk or draw about, or create sequences of buttons as it is done in the game Simon Says. These factors allow the customization and adaptation of the user's cognitive conditions.
- **Development of a physical device:** it will have a series of buttons and it will be connected with the mobile application through wireless technology. By the interaction with these buttons, the multitouch interaction of the mobile application to complete the different games can be replaced. In this way, it will be possible to take the interaction a step further of how it is done in other existing solutions. In addition, it will allow the adaptation of the user's physical conditions.

11.2. State of the art

11.2.1. Current situation

Before proposing the design of solutions, it is necessary to specify the analysis of the current situation of the subject. Firstly, research is focused on studies that specify what cognitive development activities are necessary to be carried out by people with cognitive disabilities.

Then, existing applications that pursue cognitive development are studied, whether they are designed for people with cognitive disabilities or not.

11.2.1.1. Activities

With regard to activities for cognitive development in people with cognitive disabilities, tasks such as the discussion of past and present events and topics of interest, the use of word games and puzzles and the recognition of images and music are highlighted. Emphasis is also placed on the realization of tangible tasks such as confectionery or gardening, which allow the promotion of cognitive development in addition to motor skills development. Moreover, a healthy life is fostered with physical exercise (Woods, Aguirre, Spector, & Orrell, 2012).

However, the activities that stand out over the rest are those in which images are used. They make use of drawings, photographs, symbols and forms for the creation of games. Mainly, these games consist of recognition of what is represented in the image, memorization of images for later recognition or pairing of images. Pairings can be done according to colour, shapes or topics, among others (Espínola, 2015).

In Illustration 11.1, an example of a group of images that can be used in any of these games is represented. These images could be grouped according to a certain shape, a number of pointed or rounded edges or a colour.

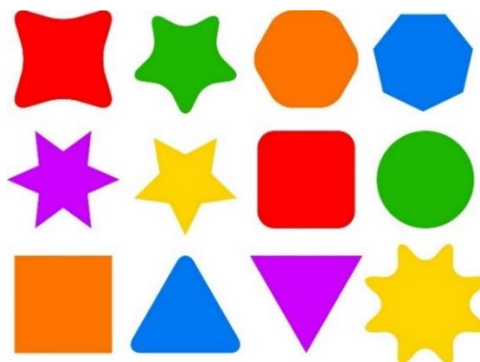


Illustration 11.1: Pairing game example

11.2.1.2. Applications

The perspective given to the work means that the focus is not only on the use of these applications by the general public, but also on their use by people with cognitive disabilities and through tangible interaction. Due to this fact, analysed applications are divided into three categories.

General applications

This section includes those applications that have not been specifically designed to be used by people with cognitive diversity but are aimed at all audiences.

The origin of the popularity of this type of applications took place in 2006, with the arrival of the game Brain Training for Nintendo DS (Nintendo, 2018).

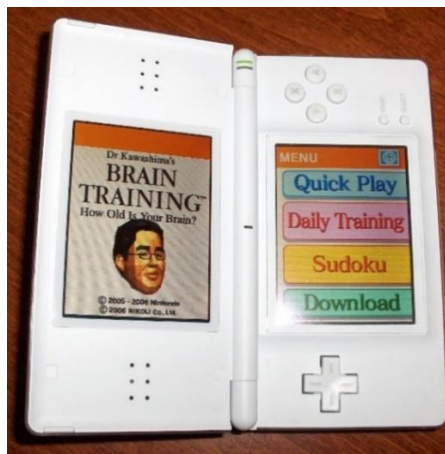


Illustration 11.2: Brain Training for Nintendo DS (Boxley, 2006)

This game consists of the development of certain activities, mainly calculation, to keep the brain active and achieve greater mental agility. For example, the resolution of simple equations, memorization of numbers or mathematical puzzles. The game provides a series of daily training activities and punctuates results by assigning an age to player's brain. The interaction in Brain Training activities is only tactile and consists of drawing with the pencil of the console the desired answer number.

Over time, many applications, based on this game, have been developed for mobile devices (Mindware Consulting, 2018, App Holdings, 2018). A greater variety of activities is introduced, such as the inclusion of tasks with images. The tactile interaction mode is also improved. Now, it is possible to select the result and drawing the answer is omitted.

However, none of them incorporates a tangible interaction for the resolution of activities or presents any adaptation for people with disabilities or personalization of existing games.

Specific applications

In this case, applications that have been designed for use by people with cognitive disabilities are studied.

The catalogue of existing applications in this area is very limited. Moreover, the platforms in which they are found are scarce. Few are compatible for Android and for iOS at the same time. As for the language, most of them are only in English.

The CREA provides several catalogues that collect useful applications for the treatment of dementia (Alonso, 2013; CREA, 2018). These are divided into three categories. The first one, applications for caregivers, includes those that provide relevant information for them about the care of dementia. Another category is one of applications for professionals, which includes the detection of the disease. Finally, it is possible to find applications for people with dementia, who are responsible for cognitive stimulation and are relevant to the study.

In this case, in some of these specific applications it is possible to appreciate an adaptation for people with disabilities, such as the use of voice commands. As well as a certain capacity of personalization, like the possibility of adding own images.

Tangible interaction applications

Finally, mobile applications that implement a tangible interaction mode and are designed for being used by people with cognitive disabilities are specified.

The use of a tangible interface allows users to interact with digital information through the physical environment that surrounds them. For example, with the use of buttons, mice or controls. The use of these elements allows the multitouch interaction of the mobile device to be replaced. It can be difficult for some people with certain physical conditions. In this way, it is possible to bring technology closer to those people who would not use it and who could not take advantage of its benefits if this type of interaction were not available. In addition, this mode motivates user mobility by interacting with physical elements. Factor that contributes to psychomotor development.

In this case, the catalogue is almost non-existent. A possible implementation would be the one carried out in a study of the University of Castilla-La (de la Guía, Lozano, & Penichet, 2013). A tangible system is created using NFC tags that can interact with mobile device. The tangible system consists of a panel with printed images of a certain categories: fruits, animals, objects, etc. Then, a specific NFC tag is assigned to each image and when the mobile passes over it, it is possible to control the response of this

device. In this way, it is possible to create various interactive games for cognitive development.

Through a system like this, an intuitive interaction mode can be generated for people with physical disability. However, it is a mean to achieve this fact because the interaction system must be implemented in a mobile application.

11.2.2.Design of solutions

Once the analysis of current applications in the field of cognitive development has been completed, it is possible to specify the design of the proposed solutions. With regard to these applications, it is possible to highlight that they have a low degree of adaptability to the conditions of people with functional diversity. It happens both in the cognitive and in the psychomotor field.

Regarding the cognitive field, the ability to customize activities is almost non-existent. In most applications it is only possible to find games with predefined categories that allow to develop very specific skills. Moreover, some of them allow certain degree of personalization to adapt the activities to the knowledge of the users, but the capacity to interact is limited.

Regarding the psychomotor field, the situation is similar. The ability to adapt to the physical conditions of these people is insufficient. Most applications propose a solution through multitouch interaction, whose use by some people can be complex. In addition, the few solutions that have a tangible interaction do not allow interaction with functional cognitive development applications.

Due to everything mentioned above, it is necessary to design a solution that integrates all these aspects and that allows adapting to the needs of each person. Both intellectual and physical conditions.

11.2.2.1. Device solution

As for the adaptability of the system to the individual physical conditions of each user, the design of a physical device that includes a series of physical elements to allow interaction with the mobile application is considered. This system will replace multi-touch interaction through the mobile device's screen by tangible interaction using the elements it incorporates. These elements are the following:

- **Buttons:** allow the interaction by pressing the element.
- **Joystick:** allows interaction by moving the element. Its movement will be detected in all four directions.

- **Rotor:** allows the interaction by rotating the element. The rotation will be at angles of 90° at a time.
- **Leds:** there will be a led associated with each of button, movement of the joystick and movement of the rotor.

The use of these components permits the stimulation of various motor skills and adaptation according to the user's physical needs. To contribute to this fact, these elements are not fixed in their position and can be positioned in the desired arrangement. The design of a system for people with disabilities requires the implementation of an open solution that permits the adaptation to every user because each of them has unique needs.

The main potential of the system is the ability to use the application for those people who cannot interact with the mobile device due to their physical conditions.

Another factor of important relevance is the capability of psychomotor development. Mobility through interaction with the mobile device is barely existent. However, by positioning the interaction elements of the physical device in a specific placement, it is possible to achieve a desired physical mobility and contribute in psychomotor development programs.

11.2.2.2. Application solution

To ease the adaptation of the application to the individual knowledge of users, the design of a mobile application that allows the creation of personalized games is proposed. Each of the games consists of a series of personalized activities.

This fact also contributes to the adaptability to temporary conditions, because it will be possible to add more or fewer activities to a game depending on the time which users have.

Regarding the activities that may be added, they have been selected to stimulate a wide range of senses and aspects of cognitive development. Those activities that require a response from the user will consist of four selectable colours through the mobile device's tactile interaction: red, green, yellow and blue. In addition to colour, the name of it will always be included to facilitate the interaction to people with colour blindness. Each of these colours is associated with a certain button of the physical device. Interaction with them can replace tactile interaction.

The activities are the following:

- **Interaction:** this activity will consist of a list of actions specified by the creator of the game. Each action will be formed by a colour (with its associated button

to press) and the number of times it should be selected. Also, it will permit the user to select a specific displacement of the joystick or rotation of the rotor, in case the physical device is used.

In the execution of the activity, the list of actions will be reproduced by illuminating the elements the number of times chosen. Moreover, a different sound effect in each case will be heard, to allow interaction to people with visual disabilities. Meanwhile, lighting will allow interaction to people with hearing disabilities. Then, it will be necessary to select the items marked in the correct order to complete the activity. As in the game Simon Says.

Through this type of activity, cognitive development of short-term memory is achieved along with psychomotor development. The latter thanks to the interaction with the physical elements.

- **Question:** in this activity, the creator will introduce a question and four possible answers (each associated with a colour) and determine which one is correct.

In the execution of the activity, the user will visualize the question and the possible answers. Then, the one which is considered to be the correct one should be marked. In case of success, this fact will be indicated, visually and aurally. In case of failure, the same thing will happen, and the user will be permitted to select again.

This type of activity boost cognitive development of short-term and long-term memory.

- **Sound:** this activity is similar to the previous one. Instead of specifying text for the question, the creator must specify a sound.

In the execution of the activity, this sound will be reproduced, and the user will choose the correct answer according to the sound.

Cognitive development is achieved through auditory stimulation with this type of activity. Moreover, it allows people with visual disabilities' interaction.

- **Image:** in this case the text of the question is replaced by an image selected by the creator.

In the execution of the activity, the image will be shown, and the user will choose the correct answer according to it. Cognitive development is boosted through visual stimulation with this type of activity. In addition, it allows people with hearing or reading disabilities' interaction.

- **Memorization:** this is an activity in which the creator specifies a phrase that the user must memorize, a clue to help the memorization and the possible answers

(one of them is the phrase). Also, the creator must enter the number of activities from the time the phrase is shown to the time the hint is shown and then the correct answer should be guessed.

The execution of this activity occurs in two phases. In the first one, the phrase that the user must memorize is shown. In the second, the hint is shown and the user must select the correct answer.

Through this type of activity, the cognitive development of short-term memory is achieved.

- **Drawing:** this category allows the creator to specify a topic to make the user draw about.

In the execution of the activity, the topic will be shown and the user must draw about it on a sheet of paper. This type of activity allows the cognitive development of long-term memory and imagination, in addition to the psychomotor development that can be made possible by drawing.

- **Memories:** this category allows the creator to write a topic to make the user speak about.

In the execution of the activity, the topic will be shown and the user should talk about it. This type of activity allows the cognitive development of long-term memory and memories.

It is appropriate to highlight the incorporation of reproduced sound effects to transmit the different states of an ongoing activity. From the reproduction of a sound of success or failure, to the reproduction of a sound by the press of a certain button. This means that the user is guided in a more intuitive way and people with visual disabilities' interaction is eased.

On the other hand, the reuse of existing activities in new games is allowed. In the creation of a new game, there is an option to add activities that have already been created for other games, instead of creating new activities each time a game is created. This will facilitate the task of creating a game, which can be complex due to the large capacity of personalization. In relation to this, a section of classic games is also added, which will include a list of predefined games and whose creation will not be necessary.

Finally, it is necessary to point out the addition of a statistics section that will include details such as the number of games or activities completed, a history of completed games or the number of completed activities broken down by category. These data will allow to monitor the activity carried out with the application and which types of activity that have been completed less frequently and require greater reinforcement.

11.2.3.Comparison of solutions

To conclude the study of the state of the art, a detailed comparison is made between the current applications analysed and the proposed solution. These current applications have been divided according to the study categories already specified. Also, the study factors are corresponded to those already used to analyse these applications.

TABLE 11.1: COMPARISON OF APPLICATIONS

	Proposed solution	General applications	Specific applications	Tangible interaction applications
Expects cognitive development	Yes	Yes	Yes	Yes
Allows customized games	Yes	No	Moderate	Moderate
Adaptability to functional diversity	Yes	No	Moderate	No
Multisensorial interaction	Yes	Moderate	Moderate	Yes
Tangible interaction	Yes	No	No	Yes

From the previous table, it is possible to deduce that all of the analysed applications pursue cognitive development. However, each category of applications is specialized in a specific field. This specialization causes them to have beneficial characteristics in some aspects but the lack of them in other areas.

For example, specific applications for being used by people with cognitive disabilities have a degree of personalization in the creation of games, but do not allow the integration of tangible interaction. In the same way, existing applications with tangible interaction do not have an adaptation to people with functional diversity and the capacity for personalization is limited.

Therefore, the proposed solution aims to unify all these aspects of study that would allow the construction of a complete system for cognitive development to be achieved.

11.3. Conclusion

11.3.1.Results

It is possible to conclude that the proposed objectives have been achieved. Although it has been necessary to suspend the incorporation of certain characteristics because of time availability, it has been possible to incorporate others that add greater value to the developed system.

In any case, it has been decided to give greater importance to the design idea that this project proposes, and not so much to the implementation carried out. Thanks to this system, it is possible to create a more advanced system with better features.

Nevertheless, the development of a functional system with the specified characteristics has been achieved. It can be used in education centres and at home to develop daily activities and to pursue the cognitive development of people who use it. Everything done by achieving an adaptation to the individual conditions of each user.

Finally, it should be noted that the system has been tested in a real environment and that the care provider, who is aware of the needs of people with functional diversity, was satisfied with the results.

11.3.2.Future work

The project developed is not a limited system in which everything is already invented and implemented. It is a system in which the possibility of adding new capabilities is infinite.

However, due to temporary conditions, it has been necessary to establish a limited number of characteristics to be implemented. The main objective has been to present the idea of realization of the system and the possibilities it provides. Both because of the capabilities it has and the possible evolutions that could be developed and could provide more advanced capabilities.

The system has been developed with the idea of creating an open system that facilitates the addition of the new improvements. In this way, it will allow the improvement of already implemented features such as user adaptability or the games' customization and may bring new features such as the creation of new types of activities.

Therefore, the development of the current project will not be stopped because the purpose is to continue with it, with the addition of new capacities or the implementation of others that have had to be put aside. For example, the edition of activities or the implementation of classic games or game statistics.

Thanks to the meetings with the care provider, new capacities have been proposed, such as reading the screen for people with visual disabilities, changing the order of reproduction of activities, changing the speed of reproduction of interactions or recommending games according to the needs and conditions of the user. Other characteristics have also been considered, such as the creation of new types of activity. For instance, a new category of pairing text, images or sound or another of creating music. Even, the possibility of creating a social network in which the sharing of games and activities among to users could ease the task of creating a game.

However, these ideas of innovation are not unique. Thanks to the developed system it is possible to find more improvements. This can be used as a prototype for the analysis of a more advanced product. The possibility of using it in educational centres or, even, in homes, as a test element to verify its behaviour is considered. In this way it will be possible to define possible improvements to create a complete cognitive development system that can adapt to the conditions of each person and facilitate the daily development of each of them.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, J. J. (9 de mayo de 2013). *El teléfono ya no es lo que era: aplicaciones móviles para enfermos de alzhéimer*. CRE Alzheimer. Obtenido de http://www.crealzheimer.es/crealzheimer_01/blog/divulgacion/catalogo/index.htm
- Álvarez, G. (13 de marzo de 2015). *La importancia de la prevención y detección precoz*. Obtenido de <http://www.gruporetiro.com/blog/la-importancia-de-la-prevencion-y-la-deteccion-precoz/#more-6221>
- Alzheimer's Disease International. (2003). *La demencia y las discapacidades intelectuales*. Obtenido de <https://www.alz.co.uk/adi/pdf/discapacidadesintelectuales.pdf>
- Alzheimer's Australia. (2018). *BrainyApp 2.0*, (versión 2.1) [Aplicación Móvil]. Obtenido de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hitori.brainyappmobile>
- App Holdings. (2018). *Skillz - juego de lógica*, (versión 4.6.8) [Aplicación Móvil]. Obtenido de <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.rention.mind.skillz>
- Axure Software Solutions. (2018). *Axure*. Obtenido de <https://www.axure.com>
- Boxley, P. (2 de agosto de 2006). *Brain Training on DS Lite*. Obtenido de <https://www.flickr.com/photos/paulboxley/207501231/in/photostream>
- CEAFA. (2017). *Día Mundial del Alzheimer 2017*. Obtenido de <https://www.ceafa.es/es/que-hacemos/dia-mundial-del-alzheimer/dia-mundial-del-alzheimer-2017>
- CREA. (3 de mayo de 2018). *Aplicaciones para personas con demencia*. Obtenido de http://www.crealzheimer.es/crealzheimer_01/recursos/apps/apps_enfermos/index.htm

- de la Guía, E., Lozano, M. D., & Penichet, V. R. (2013). Cognitive rehabilitation based on collaborative and tangible computer games. In *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)*, 2013 7th International Conference on, 389-392.
- Espínola, P. (2015). *Recurso para educadores sociales: actividades de estimulación cognitiva*, (Trabajo de Fin de Grado). Universidad de Barcelona, España.
- Friends-of-Fritzing foundation. (2018). *Fritzing*. Obtenido de <http://fritzing.org>
- Gobierno de Aragón. (2018). *Portal Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa*. Obtenido de <http://www.arasaac.org>
- Google LLC. (2018). *Material Design*. Obtenido de <https://material.io/design>
- Graphic Resources S.L. (2018). *Flaticon*. Obtenido de <https://www.flaticon.com>
- Imentia. (2018). *Imentia Professional*, (versión 1.1.12) [Aplicación Móvil]. Obtenido de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.imentia.imentiaprofesional>
- Increpare Games. (2013). *Bfxr*. Obtenido de <https://www.bfxr.net>
- Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. Boletín Oficial del Estado, núm. 298, de 13 de diciembre de 1999, pp. 43088 a 43099. Obtenido de <http://www.boe.es/boe/dias/1999/12/14/pdfs/A43088-43099.pdf>
- Material Palette. (2018). *Material Design Palette*. Obtenido de <https://www.materialpalette.com/indigo/light-blue>
- Mindware Consulting. (2018). *Juegos mentales*, (Version 3.0.3) [Aplicación Móvil]. Obtenido de <https://play.google.com/store/apps/details?id=mindware.mindgames>
- Nintendo. (2018). *Brain Training del Dr. Kawashima: ¿Cuántos años tiene tu cerebro?* Obtenido de <https://www.nintendo.es/Juegos/Nintendo-DS/Brain-Training-del-Dr-Kawashima-Cuantos-anios-tiene-tu-cerebro--270627.html#Inicio>
- Nurik, R. (2018). *Android Asset Studio*. Obtenido de <https://romannurik.github.io/AndroidAssetStudio>
- Page Personnel. (2016). *Estudios de remuneración 2016*. Obtenido de http://www.pagepersonnel.es/sites/pagepersonnel.es/files/er_tecnologia16.pdf
- Petersen, R. C., Lopez, O., Armstrong, M. J., Getchius, T. S., Ganguli, M., Gloss, D., . . . Rae-Grant, A. (2018). Practice guideline update summary: Mild cognitive impairment: Report of the Guideline Development, Dissemination, and Implementation Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*, 126-135.

- Pixels trade. (2018). *Backup Memory*, (versión 1.0) [Aplicación Móvil]. Obtenido de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pixelstrade.buckupmemory>
- Pixelshell. (2018). *Freesound*. Obtenido de <https://freesound.org>
- Prince, M., Wimo, A., Guarchet, M., Ali, G. C., Wu, Y. T., & Prina, M. (2015). *World Alzheimer Report 2015: The Global Impact of Dementia: An analysis of prevalence, incidence, cost and trends*. London: Alzheimer's Disease International (ADI).
- Snow, K. (2007). *People first language*. Obtenido de http://www.specialquest.org/sqtm/v1s3_language.pdf
- Software DELSOL. (2018). *Stimulus FREE - Brain Challenge*, (versión 1.2.1) [Aplicación Móvil]. Obtenido de <https://play.google.com/store/apps/details?id=mobi.stimulus.brainchallenge>
- WenBit. (2018). *Remember First FREE trial*, (versión 1.3) [Aplicación Móvil]. Obtenido de https://play.google.com/store/apps/details?id=com.WenBit.RememberFirst_Free
- Woods, B., Aguirre, E., Spector, A. E., & Orrell, M. (2012). Cognitive stimulation to improve cognitive functioning in people with dementia. The Cochrane Library.

ANEXOS

ANEXO A. MANUAL DE USUARIO

En este apartado, se detalla el manual de usuario que tiene como objetivo guiar al usuario final en el uso de la aplicación. Para ello, se especifican varias secciones según la temática tratada.

A.1. Inicio de la aplicación

Al acceder a la aplicación, se muestra la pantalla de carga durante unos segundos.

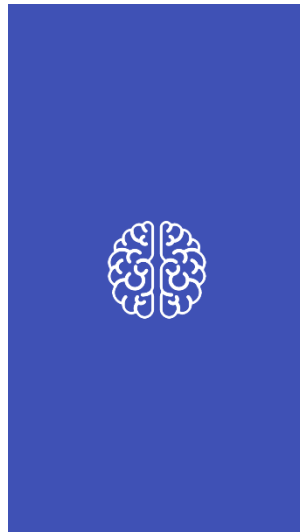


Ilustración A.1: Pantalla de carga

Una vez finalizada la carga, se accede a la pantalla principal. En ella se muestra en la parte inferior un menú principal que permite elegir entre tres secciones diferentes: *mis juegos*, *juegos clásicos* y *perfil*. En la parte superior, se incluye la barra de navegación con el nombre de la aplicación. En la sección de *mis juegos*, se muestra la lista de juegos creados y el botón para crear un nuevo juego. En caso de que aún no se hayan creado juegos, se muestra un mensaje que indica cómo añadir un nuevo juego.

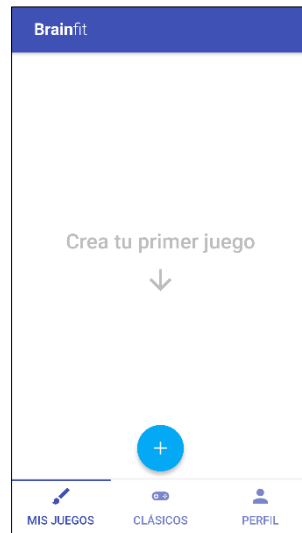


Ilustración A.2: Pantalla principal

A.2. Creación de un juego

Para crear un juego, es necesario acceder a *mis juegos* y pulsar el botón de añadir. Entonces, se entra a la pantalla de creación de juego. En ella, es posible introducir el nombre del juego y añadir actividades. Las actividades pueden ser creadas desde cero o añadidas a partir de las ya creadas para otros juegos.

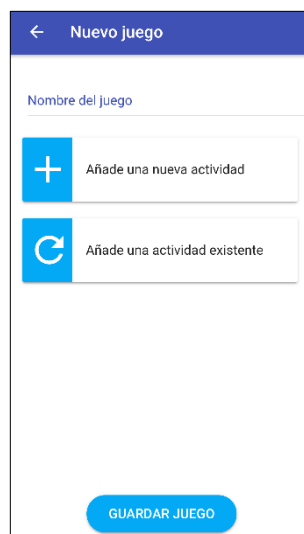


Ilustración A.3: Pantalla de creación de juego

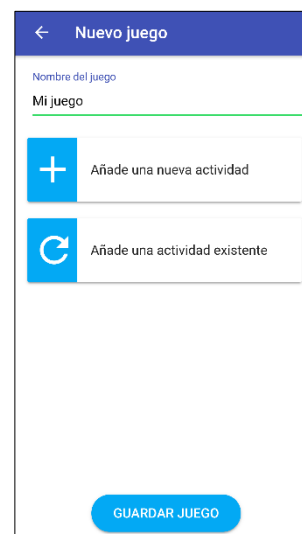


Ilustración A.4: Pantalla de creación de juego
(con nombre)

Si se pulsa el botón de volver y ya se ha añadido el nombre del juego o alguna actividad, se muestra una ventana emergente para confirmar el descarte del juego o continuar con su creación.

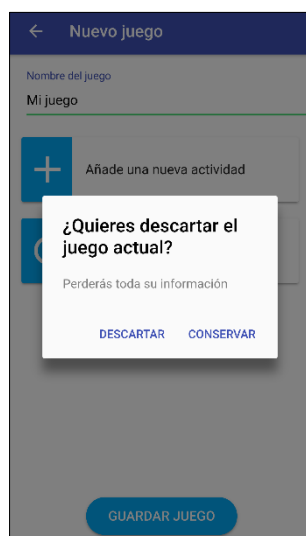


Ilustración A.5: Pantalla de descarte de juego

Si se selecciona la opción de añadir una nueva actividad, se despliega la pantalla de selección de categoría de la actividad.



Ilustración A.6: Pantalla de categoría de actividad

Es posible seleccionar una de las cinco existentes para la creación de una nueva actividad.

A.2.1. Creación de una interacción

Si la actividad seleccionada es de tipo interacción, se muestra la pantalla de creación de interacción en la que se muestra una lista de acciones. En un comienzo esta lista se encuentra vacía y únicamente se muestra del botón de añadir nuevas acciones.

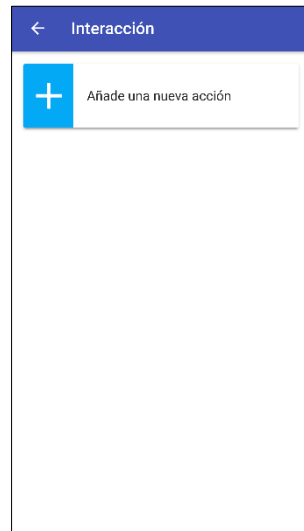


Ilustración A.7: Pantalla de creación de interacción

Al pulsar este botón, se accede a la pantalla de creación de acción. En ella, es necesario en primer lugar la selección de la categoría de la acción.

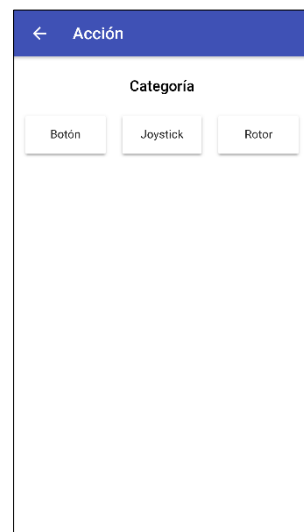


Ilustración A.8: Pantalla de creación de acción

En función de la categoría seleccionada, es posible seleccionar unas características u otras de la acción.

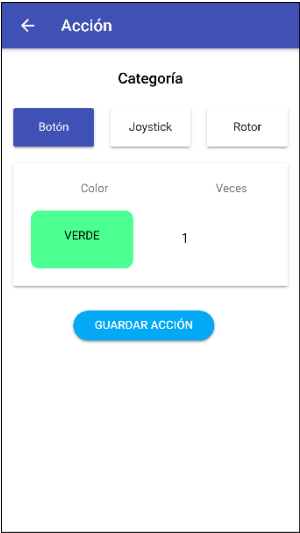


Ilustración A.9: Pantalla de creación de botón



Ilustración A.10: Pantalla de creación de joystick

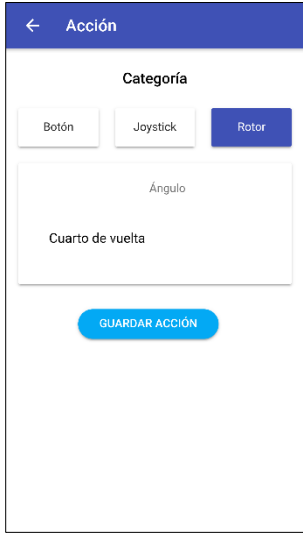


Ilustración A.11: Pantalla de creación de rotor

Si la acción escogida es de tipo botón, es posible seleccionar el color del botón y el número de veces que se debe pulsar.



Ilustración A.12: Pantalla de creación de botón (selección de color)

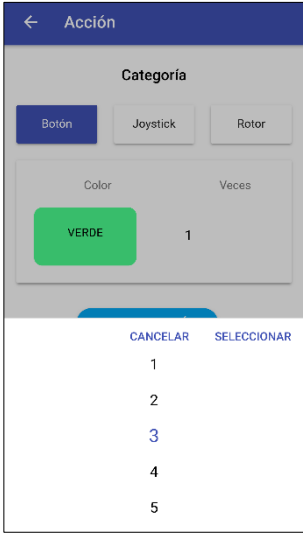


Ilustración A.13: Pantalla de creación de botón (selección de veces)

Si en su lugar, la acción escogida es de tipo joystick, es posible seleccionar la dirección en la que mover el joystick y el número de veces a mover. En caso de que la acción sea de tipo rotor, es necesario seleccionar el número de vueltas.

The screenshot shows the 'Acción' screen with the 'Joystick' category selected. Under 'Dirección', 'Arriba' is selected with an upward arrow. Under 'Veces', the value '1' is set. At the bottom, there are 'CANCELAR' and 'SELECCIONAR' buttons. A list of directions is visible below the main form: 'Arriba' (selected), 'Derecha', 'Abajo', and 'Izquierda'.

Ilustración A.14: Pantalla de creación de joystick (selección de dirección)

The screenshot shows the 'Acción' screen with the 'Rotor' category selected. Under 'Ángulo', 'Cuarto de vuelta' is selected. At the bottom, there are 'CANCELAR' and 'SELECCIONAR' buttons. A list of angles is visible below the main form: 'Cuarto de vuelta' (selected), 'Media vuelta', and 'Tres cuartos de vuelta'.

Ilustración A.15: Pantalla de creación de rotor (selección de ángulo)

Una vez configurada la acción, se selecciona el botón de guardar acción para volver a la pantalla de creación de interacción y añadirla a la lista de acciones. Si se selecciona de nuevo el botón de añadir nueva interacción es posible crear nuevas acciones e incorporarlas a la lista.

The screenshot shows the 'Interacción' screen. At the top, there is a button to 'Añade una nueva acción'. Below, a 'Secuencia de acciones' list contains four items, each with a number, a button type, a color, and a pulse count: 1. Botón, Color Verde, Pulsar 1 vez; 2. Botón, Color Rojo, Pulsar 1 vez; 3. Botón, Color Amarillo, Pulsar 1 vez; 4. Botón, Color Azul, Pulsar 1 vez. A blue checkmark button is at the bottom.

Ilustración A.16: Pantalla de creación de interacción (con acciones)

A.2.2. Creación de una pregunta

Si la categoría seleccionada es de tipo pregunta, se despliega la pantalla de creación de pregunta. En primer lugar, se encuentra el apartado de selección, *pregunta*, en el que es posible seleccionar los campos deseados para la pregunta (texto, imagen y/o sonido).

Si se selecciona alguno de ellos, se visualiza una entrada justo en la parte inferior del campo para añadir la información deseada. Se despliega un campo de texto para introducir el texto y botones para seleccionar la imagen o el sonido.

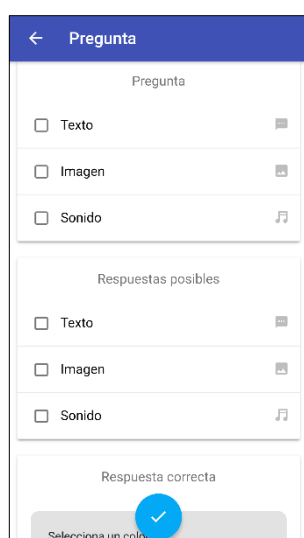


Ilustración A.17: Pantalla de creación de pregunta

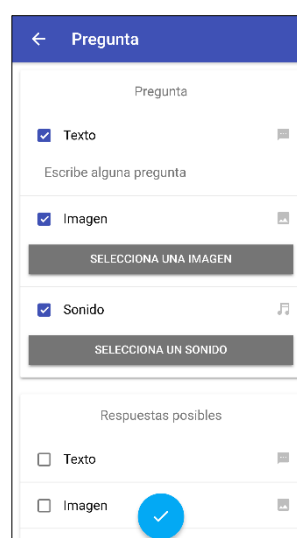


Ilustración A.18: Pantalla de creación de pregunta (con selección de pregunta)

Al pulsar el botón de selección de imagen, se despliega un menú emergente de selección de medio para escoger la imagen. Es posible tomar una foto con la cámara del dispositivo, seleccionar una imagen del almacenamiento del dispositivo o buscar un pictograma.

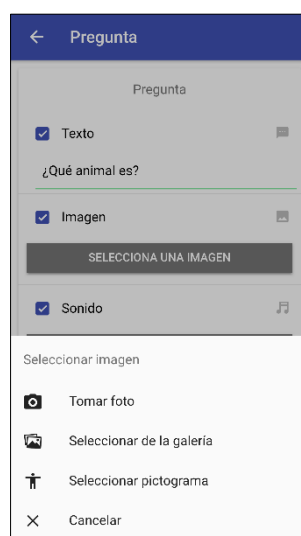


Ilustración A.19: Pantalla de selección de imagen

En caso de seleccionar el pictograma como fuente de la imagen, se accede a la pantalla de búsqueda de pictograma. Gracias al buscador es posible introducir el texto deseado y buscar pictogramas por coincidencia de nombre. Una vez se encuentra el pictograma deseado, se selecciona para añadirlo.

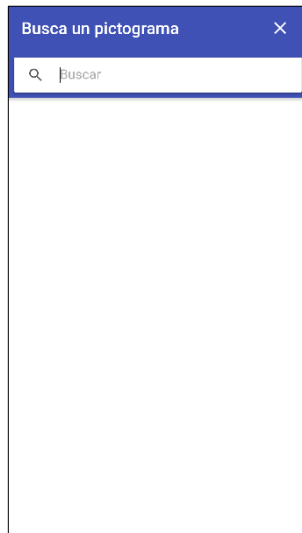


Ilustración A.20: Pantalla de selección de pictograma

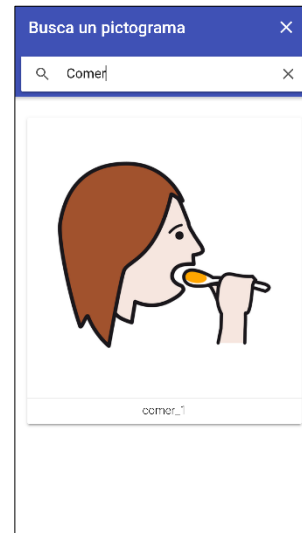


Ilustración A.21: Pantalla de selección de pictograma (con búsqueda)

En el caso del botón de selección de sonido, permite acceder al almacenamiento del dispositivo móvil para cargar el sonido deseado. Una vez completados los campos es posible visualizar la imagen y escuchar el sonido, y cambiarlos por otros si así se desea.

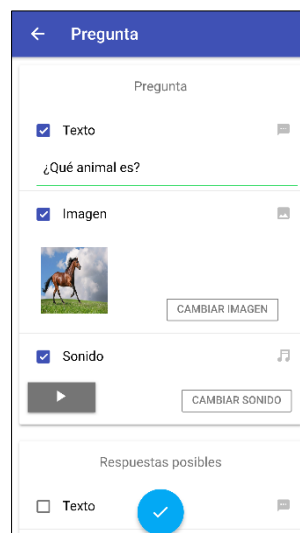


Ilustración A.22: Pantalla de creación de pregunta (con completitud de pregunta)

En cuanto a la sección *respuestas posibles*, es posible seleccionar los campos deseados al igual que en la sección de pregunta (texto, imagen y/o sonido). Sin embargo, en este caso es necesario completar cada campo con cuatro elementos, uno para cada color de respuesta.

Ilustración A.23: Pantalla de creación de pregunta (con selección de respuesta) (1)

Ilustración A.24: Pantalla de creación de pregunta (con selección de respuesta) (2)

Para las respuestas de tipo texto, es posible introducir en los cuadros correspondientes cada uno de los valores deseados.

Ilustración A.25: Pantalla de creación de pregunta (con completitud de respuesta)

En cuanto a los botones de adición de imágenes y sonido, éstos poseen las mismas capacidades que los de la sección de pregunta.

En último lugar, se encuentra la sección *respuesta correcta*. En ella es posible determinar cuál de las respuestas posibles anteriores es la correcta mediante la selección de uno de los cuatro colores.

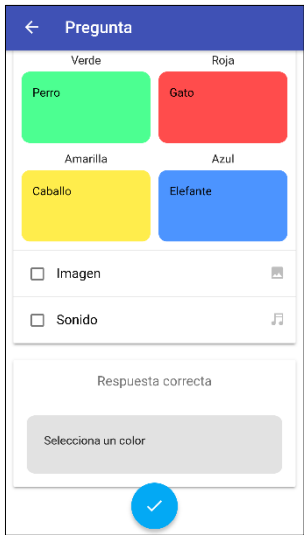


Ilustración A.26: Pantalla de creación de pregunta (con selección de respuesta correcta) (1)

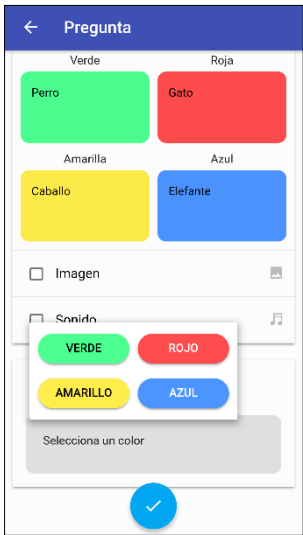


Ilustración A.27: Pantalla de creación de pregunta (con selección de respuesta correcta) (2)

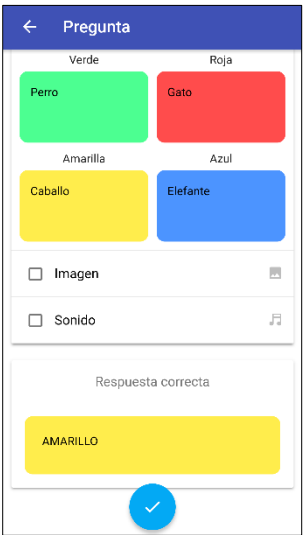


Ilustración A.28: Pantalla de creación de pregunta (con completitud de respuesta correcta)

A.2.3. Creación de una memorización

Cuando la categoría seleccionada es la de memorización, se accede a la pantalla de creación de memorización. En primer lugar, se encuentra la sección *a memorizar*, en la que es posible seleccionar los campos de lo que habrá que memorizar. Estos campos poseen las mismas características que en las actividades de tipo pregunta. Lo mismo sucede con la sección *pista*, en la que es necesario introducir los elementos que se muestran para facilitar la adivinanza de lo memorizado.

Posteriormente, es necesario introducir el número de actividades que pasarán desde que se muestran los elementos a memorizar hasta que se muestra la pista para poder adivinar lo memorizado. También es necesario introducir la respuesta correcta, que será el color con el que se asociarán los elementos que fue necesario memorizar.

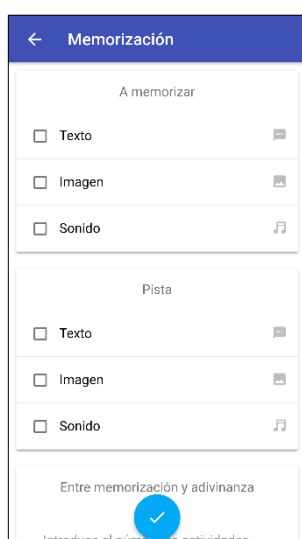
The screenshot shows a mobile app interface titled 'Memorización'. It has a blue header with a back arrow. Below the header, there are three sections: 'A memorizar' with three options (Texto, Imagen, Sonido), 'Pista' with three options (Texto, Imagen, Sonido), and 'Entre memorización y adivinanza' with a text input field and a blue checkmark icon. The text 'Introduce el número de actividades' is at the bottom.

Ilustración A.29: Pantalla de creación de memorización (1)

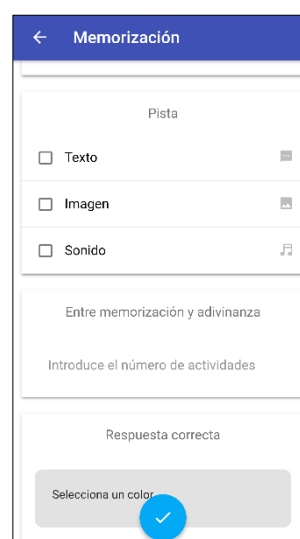
The screenshot shows the same 'Memorización' screen, but with the 'Pista' section expanded. Below the 'Pista' section, there is a section titled 'Entre memorización y adivinanza' with a text input field and the text 'Introduce el número de actividades'. Below that is a section titled 'Respuesta correcta' with a button labeled 'Selecciona un color' and a blue checkmark icon.

Ilustración A.30: Pantalla de creación de memorización (2)

A partir de las pautas indicadas, es posible completar los campos deseados.

Ilustración A.31: Pantalla de creación de memorización (con completitud de memorización)

Ilustración A.32: Pantalla de creación de memorización (con completitud de pista)

Ilustración A.33: Pantalla de creación de memorización (con completitud de respuesta correcta)

Una vez completados los campos mencionados, se despliega la sección de *respuestas posibles* en la que será necesario introducir las respuestas entre las que se podrá elegir en la adivinanza de la memorización. Es necesario rellenar los valores para los campos escogidos en la sección *a memorizar*. Esto se hace para cada uno de los colores excepto para el seleccionado como respuesta correcta, al que ya se encuentran asociados los elementos a memorizar.

Ilustración A.34: Pantalla de creación de memorización (respuestas) (1)

Ilustración A.35: Pantalla de creación de memorización (respuestas) (2)

Es decir, es necesario introducir los valores de las respuestas incorrectas.



Ilustración A.36: Pantalla de creación de memorización (con completitud de respuestas) (1)

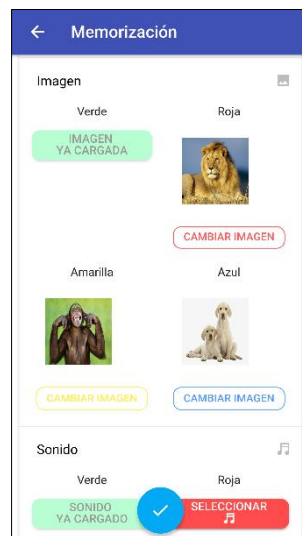


Ilustración A.37: Pantalla de creación de memorización (con completitud de respuestas) (2)

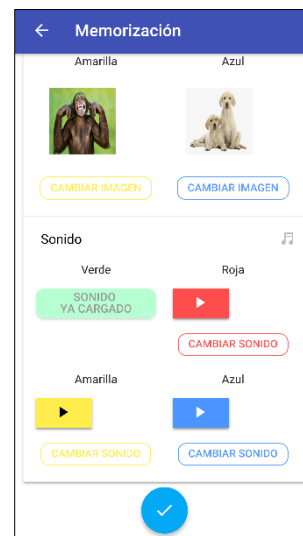


Ilustración A.38: Pantalla de creación de memorización (con completitud de respuestas) (3)

A.2.4. Creación de un dibujo

Si la categoría escogida es la de dibujo, es necesario escoger los campos para la sección de *temática*, del mismo modo que en las actividades anteriores, y rellenarlos. En este caso, se introducen los elementos que guiarán al usuario en la elaboración de un dibujo.

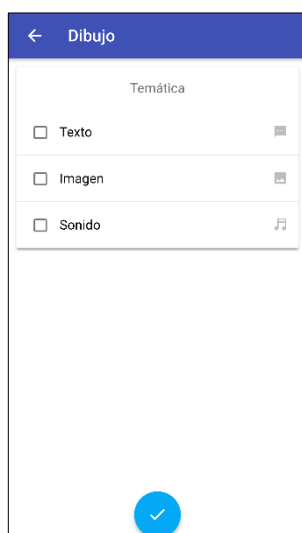


Ilustración A.39: Pantalla de creación de dibujo

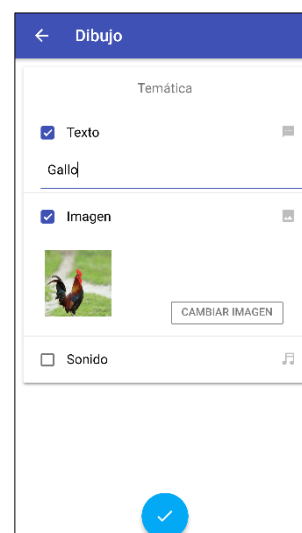


Ilustración A.40: Pantalla de creación de dibujo (completo)

A.2.5. Creación de un recuerdo

Si la categoría escogida es la de recuerdos, es necesario escoger los campos para la sección de *temática*, del mismo modo que en las actividades anteriores, y rellenarlos. En este caso, se introducen los elementos que guiarán al usuario para mantener una conversación.

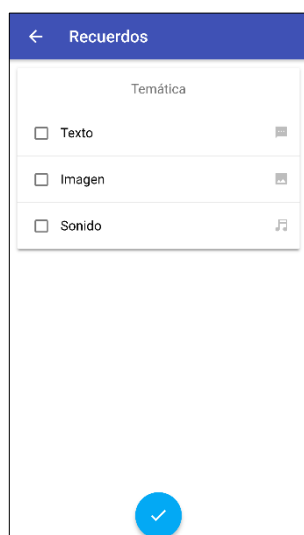


Ilustración A.41: Pantalla de creación de recuerdos

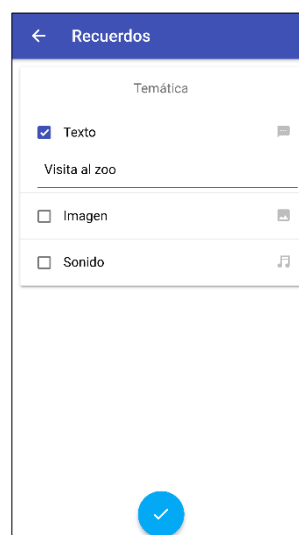


Ilustración A.42: Pantalla de creación de recuerdos (completo)

A.2.6. Adición de una actividad existente

Si en lugar de acceder a la adición de una nueva actividad se pulsa el botón para añadir actividades existentes, se accede a la pantalla de actividades existentes. Siempre y cuando ya se haya creado algún juego, se muestra una lista de todas las actividades creadas clasificadas por juego. Es posible marcarlas una a una a partir del botón de añadir para escoger las que se desea incorporar.

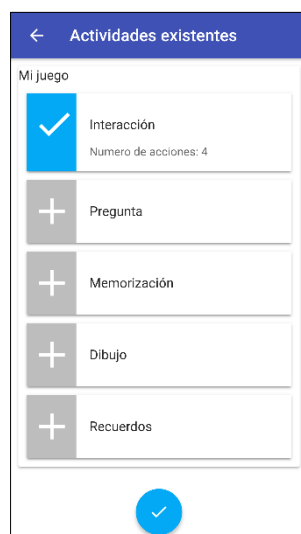


Ilustración A.43: Pantalla de adición de actividades existentes

A.3. Finalización de la creación de un juego

Una vez finalizado el proceso de configuración de una actividad determinada, es posible seleccionar el botón de la parte inferior para volver a la pantalla de creación del juego y añadirla a la lista de actividades del juego. Es posible añadir más actividades a partir de los dos botones de adición de nuevas actividades y de actividades existentes de la parte superior.



Ilustración A.44: Pantalla de creación de juego (con actividades)

Una vez finalizado este proceso, se selecciona el botón de guardar juego para volver a la pantalla principal y añadir el juego a la lista de juegos.

A.4. Ejecución de un juego

Una vez guardado el juego, se muestra en la pantalla principal con su nombre y el número de actividades. Si se selecciona, es posible visualizar esta información en un tamaño más grande y desplegar las actividades del juego mediante la selección del botón *ver actividades*.



Ilustración A.45: Pantalla principal
(con juego)

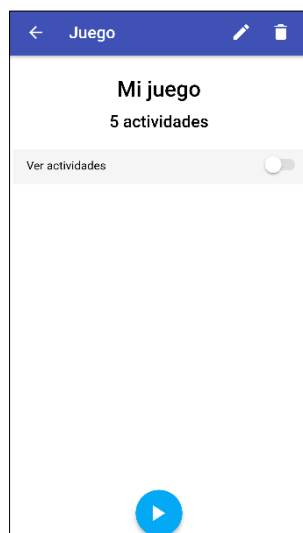


Ilustración A.46: Pantalla de juego



Ilustración A.47: Pantalla de juego
(con actividades)

Si se selecciona el botón inferior de reproducción será posible comenzar la ejecución del juego. En caso de que la conexión Bluetooth no esté habilitada en el dispositivo móvil, se mostrará un mensaje y se ofrecerá la posibilidad de activarla. En caso de que esta se encuentre activada, se muestra una ventana emergente de establecimiento de comunicación con el dispositivo físico. Una vez establecida la comunicación, se ejecutan las actividades en el orden determinado. Es posible pasar entre ellas mediante la pulsación del botón de siguiente.

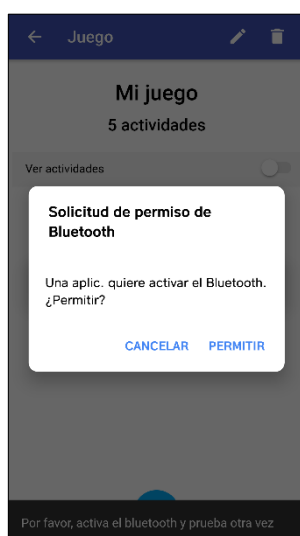


Ilustración A.48: Pantalla de juego
(activación de bluetooth)

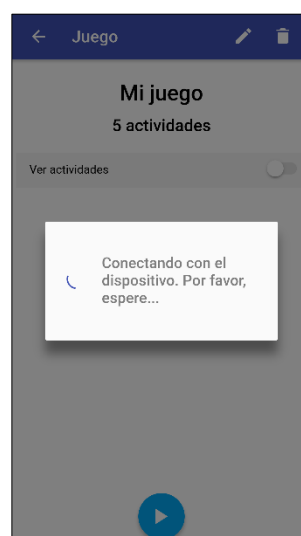


Ilustración A.49: Pantalla de juego
(conexión con dispositivo)

A.4.1. Ejecución de una interacción

En las actividades de tipo interacción se pueden diferenciar dos fases. En la primera, se muestra un mensaje que indica que se puede comenzar la reproducción de la secuencia de acciones mediante la pulsación del botón de siguiente en el dispositivo. Una vez se pulsa este botón, comienza la segunda fase. En ella se indica que se puede imitar la secuencia mediante la pulsación de los botones de respuesta del dispositivo o presionar el botón de siguiente para pasar a la siguiente actividad.

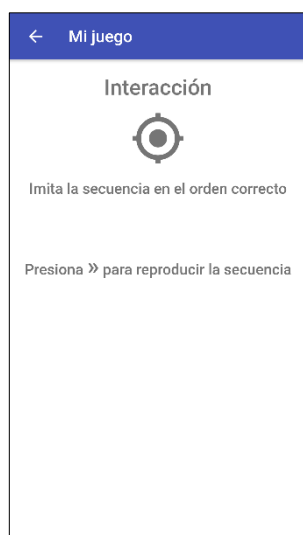


Ilustración A.50: Pantalla de interacción (comienzo)

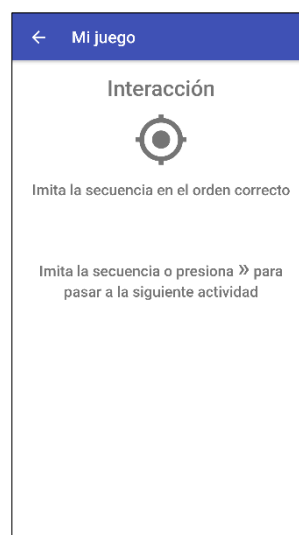


Ilustración A.51: Pantalla de interacción (reproducción)

Si el botón de respuesta seleccionado es el correspondiente al siguiente en la secuencia, no se muestra ningún mensaje. Sin embargo, en caso de fallo, se muestra el mensaje correspondiente. Una vez completada la imitación de la secuencia con éxito se muestra un mensaje de éxito y se pasa a la actividad siguiente.

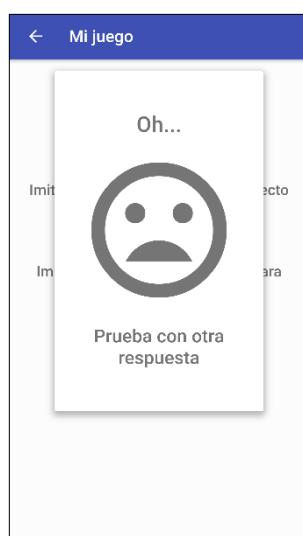


Ilustración A.52: Pantalla de fallo

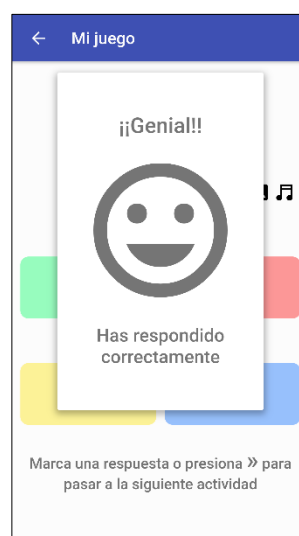


Ilustración A.53: Pantalla de acierto

A.4.2. Ejecución de una pregunta

En las actividades de tipo pregunta, se muestra la pregunta debajo del icono del tipo de actividad. Se incluye el texto en caso de que posea y los iconos correspondientes en caso de que haya imagen o sonido.

Si se seleccionan estos elementos en pantalla o se pulsa el botón de escucha/visualización del dispositivo físico, se despliega en una ventana emergente con la imagen y se escuchará el sonido siempre y cuando los haya.



Ilustración A.54: Pantalla de pregunta



Ilustración A.55: Pantalla de pregunta (visualización de pregunta)

En cuanto a las respuestas posibles, se muestra el texto de cada una de las respuestas en el recuadro correspondiente y los iconos de imagen y sonido si posee alguno de ellos. Si se selecciona alguno de los recuadros o se pulsan los botones de respuesta, se marca como respuesta el color seleccionado. Además, si las respuestas poseen imagen y/o sonido, se muestra la imagen y/o se reproduce el sonido de esa respuesta.



Ilustración A.56: Pantalla de pregunta (selección de respuesta)

En caso de seleccionar el botón de siguiente sin marcar ninguna respuesta, se pasa a la siguiente actividad sin comprobar la respuesta correcta. Sin embargo, si se pulsa este botón habiendo marcado una respuesta, se comprueba si ésta es la correcta. En caso de acierto, se muestra un mensaje indicando este hecho y se pasa a la siguiente actividad. En caso de fallo, se muestra un mensaje indicando este hecho y se permanece en la actividad para permitir responder otra vez.

A.4.3. Ejecución de una memorización

En lo que respecta a las actividades de tipo memorización, es posible distinguir dos fases. La primera de ellas se ejecuta cuando le corresponde a la actividad según el orden de actividades del juego. En ella se muestran los elementos que deben ser memorizados. Se muestra el texto a memorizar en caso de que exista y los iconos de imagen y sonido en caso de que corresponda.

Si se selecciona alguno de estos elementos o se pulsa el botón de escucha/visualización, se muestra una ventana emergente con la imagen si la memorización la posee y comienza la reproducción del sonido si lo hay.

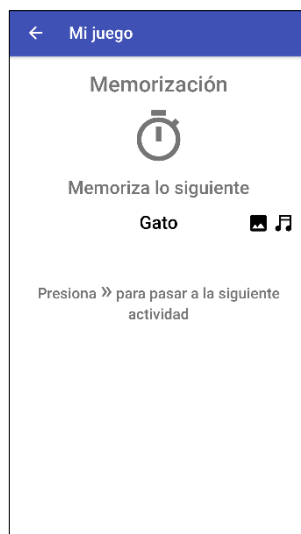


Ilustración A.57: Pantalla de memorización



Ilustración A.58: Pantalla de memorización
(visualización de memorización)

Una vez finalizada la primera fase, la segunda se ejecuta una vez transcurra un número de actividades igual al número de actividades entre memorización y adivinanza especificado en la creación de la actividad. Esta fase es la fase de adivinanza de memorización.

En ella, es posible visualizar los elementos de la pista del mismo modo que los elementos a memorizar. En cuanto a las respuestas posibles, es necesario buscar la respuesta que se corresponda con lo memorizado. Es posible visualizarlas, marcarlas y seleccionarlas como correctas del mismo modo que en la actividad de tipo pregunta.

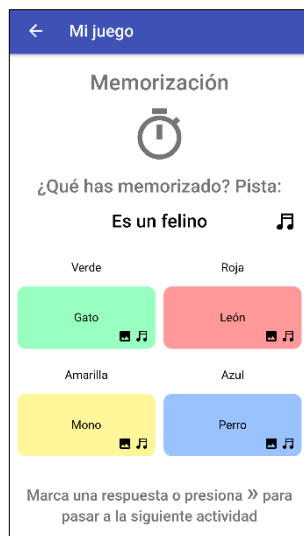


Ilustración A.59: Pantalla de adivinanza de memorización

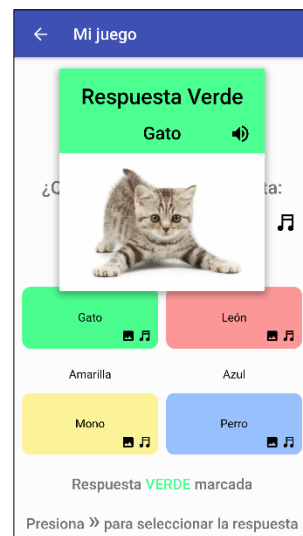


Ilustración A.60: Pantalla de adivinanza de memorización (selección de respuesta)

A.4.4. Ejecución de un dibujo

Si la actividad actual es de tipo dibujo, la aplicación indica este hecho y muestra los elementos que guiarán la tarea de dibujo. Se muestra el texto si lo posee y los iconos de imagen y sonido en caso de que posea imagen o sonido.

Si se seleccionan estos elementos en pantalla o se pulsa el botón de escucha/visualización del dispositivo físico, se desplegará en una ventana emergente con la imagen y se escuchará el sonido, siempre y cuando los haya.

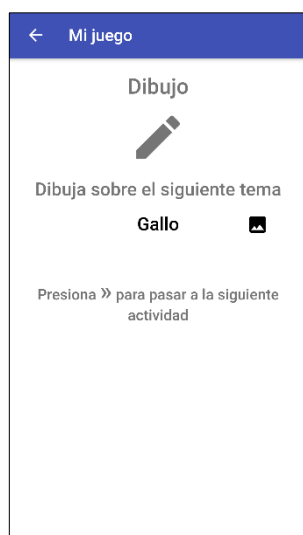


Ilustración A.61: Pantalla de dibujo



Ilustración A.62: Pantalla de dibujo (visualización)

A.4.5. Ejecución de un recuerdo

El modo de proceder para las actividades de tipo recuerdos es el mismo que para las actividades de tipo dibujo. Sin embargo, en lugar de mostrarse los elementos para guiar el dibujo, se mostrarán los elementos para guiar el mantenimiento de una conversación.

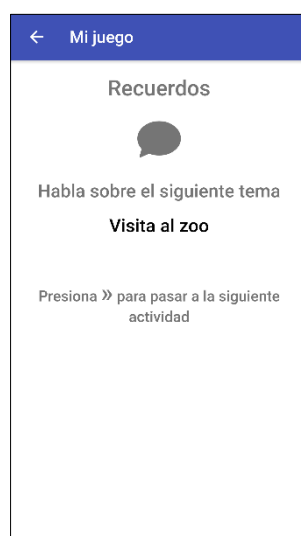


Ilustración A.63: Pantalla de recuerdos

A.4.6. Finalización de ejecución de un juego

Una vez finalizada la ejecución de todas las actividades del juego, se mostrará un mensaje de enhorabuena que indique este hecho. Además, es posible pulsar el botón de selección de otro juego para volver a la pantalla principal.

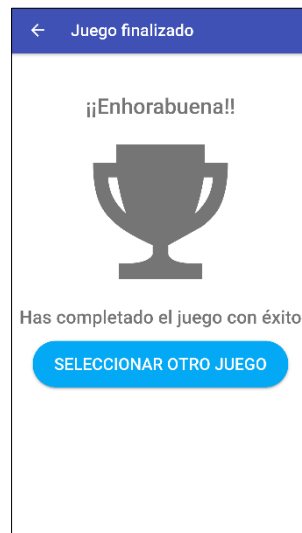


Ilustración A.64: Pantalla de finalización de juego

A.5. Juegos clásicos y perfil

Si se emplea el menú de la barra inferior es posible acceder a las pantallas de juegos clásicos y de perfil.

En la pantalla de juegos clásicos se muestra una lista de juegos predefinidos mientras que en la pantalla de perfil se muestran las estadísticas de juegos y actividades completadas.

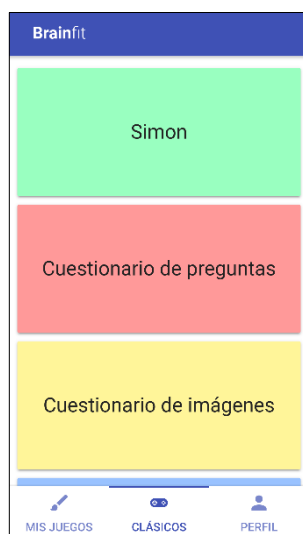


Ilustración A.65: Pantalla de juegos clásicos

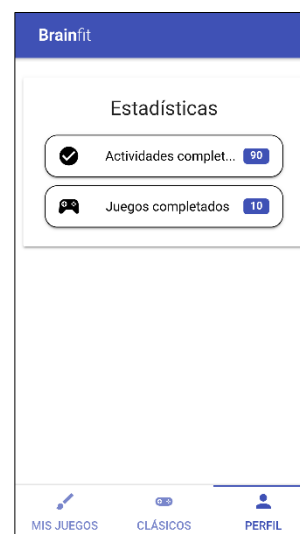


Ilustración A.66: Pantalla de perfil

ANEXO B. ENTREVISTA

Trascripción de la entrevista del día 20 de abril de 2018 con el educador del Colegio de Educación Especial Sor Juana Inés de la Cruz de Fuenlabrada.

1. ¿Crees que este proyecto puede ser de ayuda en colegios de educación especial?

Creo que puede ser una herramienta que puede ser muy útil para facilitar a los alumnos el desarrollo de la práctica de algunos contenidos que en algunas ocasiones se quedan en lo básico, empleando alguna ficha o algún puzzle. Todo de una manera muy rudimentaria. Hay que demostrar que estamos en el siglo XXI y que lo podemos hacer de una manera mucho más atractiva, de una manera más motivadora para la persona que desarrolla la actividad. Además, al tener la posibilidad de personalizar cada una de las actividades, le podemos dar el contenido que queramos a cada uno de ellos en cada momento.

Un puzzle de una tienda tiene un contenido determinado. Si trata de animales, tendrá cuatro animales y no vendrán más. Sin embargo, aquí podemos meter los animales que queramos, ciudades, autores de la historia... Se puede meter lo que quieras para poder dar la posibilidad de acceso a contenidos a aquella persona que tenga algún problema. Todo lo que está añadido a través del Arduino da unas posibilidades de acceso bastante buenas para muchas personas.

2. ¿Crees que podría facilitar la labor de decisión de elección de las tareas del día a día?

Claro, nos permite generar una secuencia de tareas y también, todo lo que se pueda ir añadiendo, bien por consejos de la gente o por ideas que tu tengas, como nuevos tipos de actividades permitirá al educador generar una secuencia de actividades. El alumno o la persona mayor que utilice la aplicación está haciendo cosas de manera autónoma durante un rato. Ya que es fácil de acceder y de utilizar. También puedes generar un bloque de actividades de una misma temática o, si lo que quieres es lo contrario, generar un bloque con distintas cosas para trabajar memoria, atención... para saber si su procesamiento es el deseado y está tratando cada uno de los temas que le estás pidiendo. Me parece muy interesante la aplicación y creo que tiene muchas posibilidades.